新电工实用电路600例

王兰君　黄海平　邢　军　编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

内 容 简 介

本书较全面地介绍了电工领域中最常用的电工电路，对每个电路的工作原理、线路特征及在应用中的注意事项做了简要说明，包括电子电源电路、照明电路、电动机控制电路、电动机调速控制电路及 PLC 控制电路、工矿企业常用机床电气控制电路、建筑电气常用电路、农村常用电气电路等。读者若能将各章内容融会贯通，举一反三，会对电工相关工作有很大帮助。

本书可供专业电工、电子技术人员参考，也可作为广大电工、电子工作人员的实用参考资料，并可供电工培训班学员、电路设计制作爱好者和电工电子操作人员学习参考，同时对广大电工电子爱好者及下岗职工朋友学习电路具有参考价值。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

新电工实用电路 600 例 / 王兰君，黄海平，邢军编著. —北京：电子工业出版社，2015.6
ISBN 978-7-121-25973-9

Ⅰ. ①新…　Ⅱ. ①王… ②黄… ③邢…　Ⅲ. ①电路-基本知识　Ⅳ. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 089400 号

策划编辑：富　军
责任编辑：张　京
印　　刷：
装　　订：
出版发行：电子工业出版社
　　　　　北京市海淀区万寿路 173 信箱　邮编 100036
开　　本：787×1 092　1/16　印张：19.5　字数：733.8 千字
版　　次：2015 年 6 月第 1 版
印　　次：2015 年 6 月第 1 次印刷
印　　数：3 000 册　　定价：49.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

前　言

随着现代科学技术的发展，电工技术、电子技术也在日益普及，大量的电气设备和家用电器已应用到各行各业和千家万户。电工技术人员作为安装维修的主力军，对其知识和技术水平的要求也越来越高。为了使电工技术人员更多地了解电气电路、电子线路，更全面地掌握电工技术，在实践中应用自如，特编写了本书。本书不但对提高电工的技术水平有很大帮助，并且能解决电工实际工作中的许多具体问题。

本书详细介绍了大量的电工、电子常用电路实例，使读者能从中得到启发，开阔眼界。本书通俗易懂、图文并茂、实用性强，能帮助读者正确使用和快速安装、维护电气电子设备。希望读者能从中得到一些启发，并将这些电路进一步完善，应用到实际工作、生活中去，以达到事半功倍的效果。本书可供专业电工和有关技术人员参阅，也可作为电气专业学校的教材，同时，广大电子爱好者及下岗职工也可以阅读此书，以开阔视野，提高理论和技术水平。本书可帮助广大电工电子爱好者学以致用，解决生产、生活及工作中的实际问题。

本书由王兰君、黄海平、邢军编著，参加本书编写的人员还有王文婷、黄鑫、李燕、凌玉泉、刘彦爱、高惠瑾、凌万泉、朱雷雷、凌珍泉、贾贵超、刘守真、谭亚林，在此一并表示感谢。

由于编著者水平有限，书中难免有错误和不当之处，敬请广大读者批评指正。

编著者

目　录

第 1 章　电子电源电路 …… 1
1-1　二倍压整流电路 …… 1
1-2　单相全波整流电容器滤波电路 …… 1
1-3　0～12V 可调稳压电源电路 …… 2
1-4　三端固定稳压电源电路 …… 2
1-5　正负直流稳压电源电路 …… 2
1-6　三端可调式直流稳压电源电路 …… 3
1-7　开关稳压电源电路 …… 3
1-8　输出 12V/2A 的直流稳压电源电路 …… 3
1-9　双电压可调稳压电源电路 …… 4
1-10　触摸开关电源电路 …… 4
第 2 章　电子指示、测量电路 …… 5
2-1　用发光二极管做熔断指示器电路 …… 5
2-2　市电电压偏离指示器电路 …… 5
2-3　电压显示器电路 …… 5
2-4　压力测量电路 …… 6
2-5　土壤湿度检测电路 …… 6
2-6　红外线人体探测电路 …… 6
2-7　超声波测距电路 …… 7
2-8　墙内导线探测电路 …… 7
2-9　热敏电阻温度测量电路 …… 7
2-10　热电偶温度测量电路 …… 8
2-11　电缆测试电路 …… 8
第 3 章　电子遥控电路 …… 9
3-1　磁控式遥控开关电路 …… 9
3-2　光电遥控开关电路 …… 9
3-3　防止儿童走失无线遥控电路 …… 9
3-4　超声波遥控开关电路 …… 10
3-5　遥控直流电动机正反转电路 …… 10
3-6　语音遥控门铃电路 …… 11
3-7　数字编码遥控电路 …… 11
第 4 章　电子节能电路 …… 12
4-1　插卡节电电路 …… 12
4-2　多点控制走廊灯节电电路 …… 12
4-3　简易自锁开关节能电路 …… 13
4-4　光控淋浴节水电路 …… 13
4-5　汽车电子节油电路 …… 13

4-6　光控窗帘节电电路 …… 13
4-7　光电控制电路 …… 14
4-8　卫生间节水电路 …… 14
第5章　电子开关定时电路 …… 15
5-1　单管延时释放继电器电路 …… 15
5-2　单管延时吸合继电器电路 …… 15
5-3　普通晶闸管单线控制电路 …… 15
5-4　双向晶闸管单相控制电路 …… 16
5-5　双向晶闸管控制三相电动机电路 …… 16
5-6　双向晶闸管无级调光、调速电路 …… 16
5-7　交流电子继电器电路 …… 17
5-8　接近开关电路 …… 17
5-9　触摸开关电路 …… 17
5-10　电子双联开关电路 …… 18
5-11　晶闸管时间继电器电路 …… 18
5-12　晶体管接近开关电路 …… 18
5-13　保护开关电路 …… 19
第6章　电子报警电路 …… 20
6-1　便携式酒精检测报警器电路 …… 20
6-2　迷惑性防盗报警器电路 …… 20
6-3　两种防盗报警器电路 …… 21
6-4　紧急救援报警器电路 …… 21
6-5　物品携带提示器电路 …… 22
6-6　火灾报警电路 …… 22
6-7　患者呼叫报警电路 …… 23
6-8　水位报警电路 …… 23
6-9　汽车防盗报警电路 …… 24
6-10　天然气检测报警电路 …… 24
6-11　多门监控报警电路 …… 24
6-12　声控式防盗报警电路 …… 25
6-13　婴儿尿床语音报警电路 …… 25
第7章　电子装饰、装修电路 …… 27
7-1　建筑用水平测量电路 …… 27
7-2　运输升降机超速控制电路 …… 27
7-3　自动接水器电路 …… 28
7-4　电动水阀门电路 …… 28
第8章　电子光控、智能电路 …… 29
8-1　光敏电阻器 – 晶闸管光控开关电路 …… 29
8-2　光控 NE555 继电器电路 …… 29
8-3　光控、雨控继电器电路 …… 29
8-4　光控插座电路 …… 30
8-5　列车灯自控开关电路 …… 30
8-6　路障灯电路 …… 31

8-7　带自锁功能的光控继电器电路 …… 31
8-8　交直流两用光控继电器电路 …… 31
8-9　光控常闭式交流接触器电路 …… 32
8-10　光耦合器常开电路 …… 32
8-11　光耦合器“单刀双掷”开关电路 …… 32
8-12　商品广告机电路 …… 32
8-13　自动控温器电路 …… 33
8-14　AD590 温度计的测温电路 …… 33
8-15　SM－C－1 型湿度传感器电路 …… 34
8-16　单片工作半桥式力敏电桥电路 …… 35
8-17　矿灯瓦斯报警电路 …… 35
8-18　一氧化碳报警电路 …… 35
8-19　超声波遥控发射电路 …… 36
8-20　超声波遥控接收电路 …… 36
第 9 章　电子音乐芯片应用电路 …… 37
9-1　“欢迎光临”电路 …… 37
9-2　“你好，请开门”电路 …… 37
9-3　“财神到”电路 …… 38
9-4　“禁止合闸，有人工作”语音集成电路 …… 38
9-5　倒车语音集成电路 …… 38
第 10 章　新颖电子电路 …… 39
10-1　25W 傻瓜功放电路 …… 39
10-2　电热灭蚊器电路 …… 39
10-3　电子捕鱼器电路 …… 39
10-4　电子鸟电路 …… 40
10-5　电子驱鼠器电路 …… 40
10-6　电子看门狗电路 …… 40
10-7　电子触摸式开关电路 …… 41
10-8　简易声控开关电路 …… 41
10-9　超声波钻孔机电路 …… 41
10-10　光控自动窗帘设计参考电路 …… 42
10-11　霍尔电子点火器电路 …… 42
10-12　差动变压器测量电路 …… 43
10-13　简易低压安全点烟器电路 …… 43
10-14　自制温度可调的低压电褥子电路 …… 44
10-15　BZN－5 型电子灭蝇器电路 …… 44
10-16　电子捕鼠器电路 …… 44
10-17　冠心病突发报警器电路 …… 45
10-18　用音乐集成电路做电子门铃电路 …… 45
10-19　两种单线远程控制双向电铃电路 …… 45
10-20　能传递信号的简单门铃电路 …… 46
10-21　简单的电子报警器电路 …… 46
10-22　声光报警器电路 …… 46

10-23 停电报警器电路 …… 46
10-24 水满报警器电路 …… 47
10-25 停电/来电报警器电路 …… 47
10-26 简单断续声报警器电路 …… 47
10-27 简易声光显示报警器电路 …… 48
10-28 导线测断仪电路 …… 48
10-29 多芯电缆断线点检测仪电路 …… 48
10-30 断路监视器电路 …… 49
10-31 红外线遥控接收电路 …… 49
10-32 电子验电器电路 …… 50
10-33 用固定三端稳压器组成可连续调节的简易正负直流稳压电源电路 …… 50
10-34 双电压可调稳压电源电路 …… 51
10-35 输出电压可调的稳压电源电路 …… 51
10-36 输出可达 2A 的直流稳压电源电路 …… 52
10-37 两用直流电源电路 …… 52
10-38 两种简易电子调压器电路 …… 52
10-39 简单晶闸管交流调压器电路 …… 52
10-40 晶闸管交流开关电路 …… 53
10-41 晶闸管三相交流开关电路 …… 53
10-42 学校铃声定时电路 …… 53
10-43 纽扣电池充电电路 …… 54
10-44 蓄电池恒流充电装置电路 …… 54
10-45 超声波遥控开关电路 …… 54
10-46 直流耐压试验和泄漏电流的测量电路 …… 55
10-47 塑料袋封口机控制电路 …… 55
10-48 简易升压电路 …… 56
10-49 多功能电焊机电路 …… 56
第 11 章 照明电路 …… 57
11-1 荧光灯接线电路 …… 57
11-2 双荧光灯的户外广告双灯管接法 …… 57
11-3 荧光灯在低温低压情况下接入二极管启动的接线法 …… 57
11-4 用直流电点燃荧光灯电路 …… 58
11-5 具有无功功率补偿的荧光灯电路 …… 58
11-6 荧光灯四线镇流器接法 …… 58
11-7 荧光灯节能电子镇流器电路（一） …… 58
11-8 荧光灯节能电子镇流器电路（二） …… 59
11-9 紧凑型 12V 直流供电的 8W 荧光灯电路 …… 60
11-10 探照灯、红外线灯、碘钨灯、钠灯接线电路 …… 60
11-11 紫外线杀菌灯接线电路 …… 60
11-12 高压汞灯接线电路 …… 61
11-13 管形氙灯接线电路 …… 61
11-14 白炽灯接线电路 …… 61
11-15 用两个双连开关在两地控制一盏灯电路 …… 61

11-16 用三个开关控制一盏灯电路 …… 62
11-17 将两个 110V 灯泡接在 220V 电源上使用的电路 …… 62
11-18 低压小灯泡在 220V 电源上使用的电路 …… 62
11-19 延长白炽灯寿命常用技巧电路 …… 63
11-20 用二极管延长白炽灯寿命的电路 …… 63
11-21 简易调光灯电路 …… 63
11-22 简单的晶闸管调光灯电路 …… 64
11-23 用 555 集成电路组成的光控灯电路 …… 64
11-24 无级调光台灯电路 …… 64
11-25 路灯光电控制电路 …… 64
11-26 光控路灯电路 …… 65
11-27 照明灯自动延时关灯电路 …… 65
11-28 楼房走廊照明灯自动延时关灯电路 …… 66
11-29 人体感应延时灯光控制电路 …… 66
11-30 晶闸管自动延时照明开关电路 …… 67
11-31 门控自动灯电路 …… 67
11-32 广告创意 16 功能彩灯控制电路 …… 67
11-33 彩灯控制集成电路 BH9201 电路 …… 68
11-34 声控音乐彩灯电路 …… 68
11-35 追逐式彩灯电路 …… 69
11-36 简易光控路障灯电路 …… 69
11-37 自动调光灯电路 …… 70
11-38 节日彩灯——满天星霓虹灯电路 …… 70
11-39 鸟鸣彩灯串电路 …… 70
11-40 声控音乐彩灯电路 …… 71
11-41 简易流动闪光灯电路 …… 71
11-42 大功率“流水式”广告彩灯控制电路 …… 72
11-43 KG316T、KG316T－R 微电脑时控开关接线电路 …… 72
11-44 氖泡微光灯电路 …… 73
11-45 霓虹灯供电电路 …… 73
11-46 霓虹灯闪光电路 …… 74
11-47 应急照明灯电路 …… 74
11-48 微光调光定时有线遥控器电路 …… 74
11-49 电话自控照明灯电路 …… 75
11-50 声光控自动照明灯电路 …… 76
第 12 章 电动机控制电路 …… 77
12-1 三相交流电动机Y形、△形接线方法 …… 77
12-2 三相吹风机六个引出端子接线方法 …… 77
12-3 I DD5032 型单相电容运转电动机接线方法 …… 77
12-4 JX07A－4 型单相电容运转电动机接线方法 …… 78
12-5 单相吹风机四个引出端子接线方法 …… 78
12-6 Y100LY 系列电动机接线方法 …… 78
12-7 用胶盖瓷底的刀开关进行手动正转控制电路 …… 79

12-8　利用铁壳开关手动正转控制电路 …… 79
12-9　采用转换开关的控制电路 …… 79
12-10　用倒顺开关的正反转控制电路 …… 79
12-11　具有自锁的正转控制电路 …… 80
12-12　具有过载保护的正转控制电路 …… 80
12-13　点动与连续运行控制电路 …… 81
12-14　避免误操作的两地控制电路 …… 81
12-15　三地（多地点）控制电路 …… 81
12-16　电动机间歇运行电路 …… 82
12-17　电动机短时间停电来电后自动快速再启动电路 …… 82
12-18　按钮连锁的正反转控制电路 …… 83
12-19　接触器连锁的正反转控制电路 …… 83
12-20　按钮、接触器复合连锁的正反转控制电路 …… 83
12-21　用按钮点动控制电动机启停电路 …… 84
12-22　具有三重互锁保护的正反转控制电路 …… 84
12-23　接触器连锁的点动和长动正反转控制电路 …… 85
12-24　防止正反转转换期间相间短路的三接触器控制电路 …… 85
12-25　用连锁继电器防止正反转转换相间短路的控制电路 …… 85
12-26　单线远程正反转控制电路 …… 86
12-27　仅用一个按钮控制电动机正反转电路 …… 86
12-28　直流电动机正反转控制电路 …… 87
12-29　用转换开关预选的正反转启停控制电路 …… 88
12-30　自动往返控制电路 …… 88
12-31　仅用一个行程开关实现自动往返控制电路 …… 88
12-32　带有启动熔丝的启动电路 …… 89
12-33　仅用一个按钮控制电动机启停电路 …… 89
12-34　单线远程控制电动机启停电路 …… 90
12-35　能发出启停信号的控制电路 …… 90
12-36　两台电动机按顺序启动、同时停止的控制电路 …… 90
12-37　两台电动机按顺序启动、分开停止的控制电路 …… 91
12-38　自动切换的两台电动机按顺序启动、逆序停止电路 …… 91
12-39　电动机延时开机的间歇运行电路 …… 92
12-40　带有报警装置的电动机短暂停电来电后自动再启动电路 …… 92
12-41　电动机长时间停电来电后自动再启动电路 …… 92
12-42　两条运输原料传送带的电气控制电路 …… 93
12-43　多台电动机既可同时启动又可有选择启动的控制电路 …… 94
12-44　低速脉动控制电路 …… 94
12-45　电动阀门控制电路（一） …… 94
12-46　电动阀门控制电路（二） …… 95
12-47　串励直流电动机刀开关可逆控制电路 …… 96
12-48　HZ5 系列组合开关应用电路 …… 96
12-49　用 GYD-16/C 型气压开关控制电动机电路 …… 97
12-50　电动葫芦的电气控制电路 …… 98

12-51　用八挡按钮操作的行车控制电路 …… 98
12-52　10 吨桥式起重机的电气控制电路 …… 99
第 13 章　电动机减压启动控制电路 …… 101
13-1　自耦减压启动器电路 …… 101
13-2　QX1 型手动控制Y-△减压启动电路 …… 101
13-3　时间继电器控制Y-△减压启动电路 …… 102
13-4　接触器控制的手动Y-△减压启动电路 …… 102
13-5　电流继电器控制的Y-△自动减压启动电路 …… 102
13-6　能防止Y-△启动器启动后不能自动切换的电路 …… 103
13-7　时间继电器控制自耦变压器减压启动电路 …… 103
13-8　两接触器控制自耦变压器减压启动电路 …… 104
13-9　能防止交流接触器断电不释放的自耦减压启动电路 …… 104
13-10　XJ01 型自动启动补偿器电路 …… 105
13-11　75kW 电动机启动配电柜电路 …… 105
13-12　90～115kW 电动机 XJ011 系列自动控制自耦式减压启动柜电路 …… 106
13-13　自制组装大型自动补偿减压启动控制柜电路 …… 106
13-14　电动机定子串电阻减压启动手动切除电阻控制电路 …… 107
13-15　电动机定子串电阻减压启动自动切除电阻控制电路 …… 107
13-16　电流继电器控制绕线转子异步电动机转子串电阻启动电路 …… 108
13-17　时间继电器控制绕线转子电动机串电阻减压启动电路 …… 108
13-18　绕线转子电动机单向运行转子串频敏变阻器启动电路 …… 109
13-19　绕线转子电动机双向运行转子串频敏变阻器启动电路 …… 109
13-20　TG1-K21 型频敏变阻器启动控制柜电路 …… 110
13-21　凸轮控制器控制绕线转子异步电动机启动电路 …… 111
13-22　手动控制的延边△减压启动电路 …… 111
13-23　时间继电器控制的延边△减压启动电路 …… 112
13-24　STC 无触点减压启动电路 …… 112
13-25　SMC 无触点减压启动电路 …… 113
第 14 章　电动机制动控制电路 …… 114
14-1　电磁抱闸制动控制电路 …… 114
14-2　改进的电磁抱闸制动电路 …… 114
14-3　单向运转反接制动控制电路 …… 114
14-4　双向运转反接制动控制电路 …… 115
14-5　单向运转半波整流能耗制动电路 …… 115
14-6　单向运转全波整流能耗制动电路 …… 116
14-7　双向运转全波整流能耗制动电路 …… 116
14-8　电容-电磁制动电路 …… 117
14-9　直流电动机反接制动电路 …… 117
14-10　直流电动机能耗制动电路 …… 117
第 15 章　电动机保护电路 …… 118
15-1　电动机用双闸式保护电路 …… 118
15-2　安全电压控制电动机启停电路 …… 118
15-3　电动机保安接地电路 …… 119

15-4 电动机保安接零电路 …… 119
15-5 加一中间继电器做简易断相保护器电路 …… 120
15-6 电动机过电流保护电路 …… 120
15-7 晶闸管断相保护电路 …… 121
15-8 零序电压断相保护电路 …… 121
15-9 节电式零序电压断相保护电路 …… 121
15-10 欣灵 HHD2 电动机保护器典型应用电路 …… 122
15-11 利用三个电流互感器和一个电流继电器做电动机断相保护电路 …… 123
15-12 Y接法电动机断相保护电路 …… 123
15-13 工泰 GT-JDG1 电动机保护器应用电路 …… 123
15-14 用继电器保护水浸电动机电路 …… 124
15-15 EOCR 系列电动机保护器电路 …… 124
第 16 章 调速控制电路 …… 126
16-1 JZT 型电磁调速控制器电路 …… 126
16-2 JD1A 型电磁调速控制器电路 …… 127
16-3 JD1B、JD1C 型电磁调速控制器电路 …… 127
16-4 用三个交流接触器构成的三速异步电动机启动及加速控制电路 …… 129
16-5 单相感应电动机无级调速电路 …… 129
16-6 双速单相电动机控制电路 …… 130
16-7 双速电动机定子绕组接线电路 …… 130
16-8 时间继电器控制的双速电动机自动加速电路 …… 130
16-9 双速电动机的控制电路 …… 131
16-10 自装他励直流电动机配电柜电路 …… 131
16-11 他励大功率直流电动机配电（实验）运行柜电路 …… 132
第 17 章 变频调速电路 …… 133
17-1 具有遥控设定箱的变频器调速电路 …… 133
17-2 具有三速设定操作箱的变频器调速电路 …… 133
17-3 VFD-007V23A 变频器接线电路 …… 134
17-4 电动机变频器的步进运行及点动运行电路 …… 134
17-5 用单相电源变频控制三相电动机电路 …… 135
17-6 有正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路 …… 135
17-7 无正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路 …… 136
17-8 工频/变频切换运行电路 …… 137
17-9 一拖一单泵自动恒压供水电路 …… 137
17-10 变频器一拖二启动电路 …… 137
17-11 变频调速电动机正转控制电路（一） …… 138
17-12 变频调速电动机正转控制电路（二） …… 139
17-13 变频调速电动机正反转控制电路 …… 139
17-14 无反转控制功能变频器实现电动机正反转控制电路 …… 140
17-15 通用变频器减速强制动电路 …… 140
17-16 远距离控制电路 …… 141
17-17 风机变频调速控制电路 …… 141
17-18 一台变频器控制多台并联电动机电路 …… 142

17-19 多台电动机变频调速恒压供水电路 …… 143
17-20 PLC 控制变频调速电动机正转电路 …… 144
17-21 PLC 控制变频调速卷扬电动机电路 …… 145
17-22 PLC 两台电动机顺序启动电路 …… 146
17-23 PLC 小车自动往返电路 …… 146
17-24 PLC 控制的变频器正反转电路 …… 146
17-25 PLC 控制电葫芦电路 …… 147
17-26 PLC 与变频器恒压供水电路 …… 147
17-27 水泥搅拌机控制电路 …… 148
第 18 章 电动机软启动电路 …… 149
18-1 一台西普 STR 软启动器控制两台电动机电路 …… 149
18-2 一台西普 STR 软启动器启动两台电动机电路 …… 149
18-3 BCK 箔式绕组磁控式电动机软启动器电路 …… 149
18-4 常熟 CR1 系列电动机软启动器带旁路接触器电路 …… 150
18-5 雷诺尔 JJR5000 系列智能型软启动器电路 …… 151
第 19 章 工矿企业常用机床电气控制电路 …… 152
19-1 C620 型车床电气控制电路 …… 152
19-2 CW6163B 型车床电气控制电路 …… 152
19-3 M7120 型平面磨床电气控制电路 …… 153
19-4 Z35 型摇臂钻床电气控制电路 …… 155
19-5 X62W 型万能铣床电路 …… 155
19-6 T68 型卧式镗床电路 …… 156
第 20 章 新颖电力开关电路 …… 157
20-1 MCQ2 系列智能双电源自动切换系统电路 …… 157
20-2 KB0S 双电源自动转换开关电路 …… 157
20-3 CW1G 系列隔离开关接线电路 …… 158
第 21 章 电气自动控制电路 …… 160
21-1 单相照明双路互备自投供电电路 …… 160
21-2 双路三相电源自投电路 …… 160
21-3 茶炉水加热自动控制电路 …… 161
21-4 简单的温度控制器电路 …… 161
21-5 简易晶闸管温度自动控制电路 …… 161
21-6 双向晶闸管控制温度电路 …… 162
21-7 XCT-101 动圈式温度调节仪控温电路 …… 162
21-8 电接点压力式温度表控温电路 …… 163
21-9 TDA-8601 型温度指示调节仪控温电路 …… 163
21-10 XMT-DA 数字显示调节仪控温电路 …… 163
21-11 △/Y 变换的炉温控制电路 …… 164
21-12 简易温度控制电路 …… 164
21-13 双功能三相电阻加热炉控制电路 …… 165
21-14 自动气体循环炉控温电路 …… 166
21-15 喷水池自动喷水控制电路 …… 166
21-16 自动节水电路 …… 167

21-17　电力变压器自动风冷电路 …… 167
21-18　用电接点压力表做水位控制电路 …… 168
21-19　UQK-2 型浮球液位变送器接线电路 …… 168
21-20　UQK 型浮球液位变送器（旧型号 GSK）接线电路 …… 169
21-21　GDB 型双池液位控制器电路 …… 170
21-22　供水、排水应用电路 …… 171
21-23　简易水位自动控制电路 …… 171
21-24　全自动水位控制水箱放水电路 …… 172
21-25　改进的水位自动控制电路 …… 172
21-26　大型水塔自动控制供水电路 …… 173
21-27　高位停、低位开的自动控制电路 …… 173
21-28　排气扇自动控制电路 …… 174
第 22 章　电气保护电路 …… 175
22-1　中性线断线简易保护电路 …… 175
22-2　用电器插座接零电路 …… 175
22-3　羊角间隙避雷器、阀型避雷器电路 …… 175
22-4　采用隔离变压器与负载连接电路 …… 176
22-5　安全低压变压器电路 …… 176
22-6　低压电压型触电保护器电路 …… 176
22-7　简单电压型低压触电保护器电路 …… 177
22-8　电流型低压触电保护器电路 …… 177
22-9　消防栓按钮与火灾报警控制器电路 …… 177
22-10　电流型漏电保护器电路 …… 178
22-11　电度表的防雷接线电路 …… 178
22-12　低压变压器短路保护电路 …… 179
22-13　GT-JDG1（工泰产品）电动机保护器应用电路 …… 179
22-14　新中兴 GDH-30 数显智能电动机保护器应用电路 …… 180
22-15　JD-5 电动机综合保护器应用电路 …… 180
22-16　CDS11 系列电动机保护器应用电路 …… 180
22-17　CDS8 系列电动机保护器应用电路 …… 181
22-18　普乐特 MAM-A 系列电动机微电脑保护器应用电路 …… 181
22-19　NJBK2 系列电动机保护继电器应用电路（一） …… 182
22-20　NJBK2 系列电动机保护继电器应用电路（二） …… 182
22-21　重载设备启动控制电路（一） …… 183
22-22　重载设备启动控制电路（二） …… 183
22-23　重载设备启动控制电路（三） …… 184
22-24　加密控制电路 …… 184
22-25　电动机防盗窃报警控制电路 …… 185
22-26　SSPORR 固态断相继电器应用电路 …… 185
22-27　异地同时开机控制电路 …… 186
22-28　用得电延时时间继电器完成的重载启动控制电路 …… 186
22-29　用 QM9403 型保护器对单相电动机进行保护电路 …… 187
22-30　用 PTC 正温度系数热敏电阻对电动机进行过热保护电路 …… 187

22-31 GDH－23 相序保护器应用电路 …… 188
22-32 双华 ZNB－S 系列保护器在电动机正反转电路中的应用 …… 188
22-33 气体报警电路 …… 189
第 23 章 信号指示电路 …… 190
23-1 三相电源相序指示电路 …… 190
23-2 三相电源缺相告知电路 …… 190
23-3 电气设备工作状态指示电路 …… 190
23-4 插座接线安全检测信号指示器电路 …… 191
23-5 红绿灯相序指示器电路 …… 191
23-6 用一个变色发光二极管做机床电气运行、停止、过载指示电路 …… 192
23-7 彩色三相指示灯电路 …… 192
23-8 白炽灯闪烁发光电路 …… 192
23-9 三路互备自投供电装置指示灯电路 …… 192
23-10 潜水电泵缺相监测灯电路 …… 193
23-11 无功补偿并联电容器放电指示灯电路 …… 193
23-12 简易绝缘检测器电路 …… 194
23-13 自装交流电源相序指示器电路 …… 194
23-14 简易自装交流电源相序指示器电路 …… 194
23-15 用交流电源和灯泡测定电动机三相绕组头尾的电路 …… 195
23-16 用耳机、灯泡组成简易测线通断器电路 …… 195
第 24 章 建筑电气常用电路 …… 196
24-1 建筑装修施工工地用配电电路 …… 196
24-2 六层楼配电系统分配电路 …… 197
24-3 一室一厅配电电路 …… 197
24-4 两室一厅居室电源布线分配电路 …… 198
24-5 四室二厅配电电路 …… 198
24-6 照明进户配电箱电路 …… 199
24-7 施工振动器电路 …… 199
24-8 手动振捣器控制电路 …… 200
24-9 用电流继电器控制机械扳手电路 …… 200
24-10 圆盘切割机的控制电路 …… 201
24-11 两台水泵一用一备电路 …… 201
24-12 混凝土搅拌机的电气控制电路 …… 202
24-13 锥形 JZ350 型搅拌机电路 …… 202
24-14 散装水泥自动称量控制电路 …… 203
24-15 多条传送带运输原料控制电路 …… 204
24-16 CD 型起重机控制电路 …… 204
24-17 QTZ－60 型塔式起重机的电气控制电路 …… 205
第 25 章 农村常用电气电路 …… 207
25-1 农村地膜大棚照明电路 …… 207
25-2 六种农村常用地埋线电路 …… 207
25-3 农村临时照明用电设施配电电路 …… 209
25-4 大、中型拖拉机和联合收割机硅整流发电机电路 …… 209

25-5　用时间继电器组成的苗圃自动喷洒控制电路 …… 210
25-6　用动圈式温度调节仪构成的单相电源电热孵化温度自动控制电路 …… 210
25-7　低电压土壤缺水告知器电路 …… 211
25-8　由一块集成电路构成的沼气浓度检测电路 …… 211
25-9　农村电热孵化温度控制电路 …… 212
25-10　农用电犁和电耙电路 …… 212
25-11　蒿杆青饲切碎机电路 …… 213
25-12　农用电动排灌船配电盘电路 …… 213
25-13　农用小型拖拉机电气照明电路 …… 213
25-14　异步电动机做发电机配电电路 …… 214
25-15　农用单相汽油发电机接线电路 …… 214
25-16　农村有线广播站配电盘的安装布线电路 …… 215
25-17　电子管扩音机与扬声器（喇叭）的配接电路 …… 215
25-18　扩音机与线间变压器及扬声器（喇叭）的配接电路 …… 216
25-19　扩音机与扬声器（喇叭）配接电路 …… 216
第 26 章　用电设备节电电路 …… 217
26-1　交流接触器无压运行装置电路 …… 217
26-2　简易电度表节电电路 …… 217
26-3　用热继电器控制电动机Y－△节电转换电路 …… 218
26-4　用电流继电器控制电动机Y－△节电转换电路 …… 218
26-5　电焊机空载自停节电电路 …… 219
26-6　织布机节能自动断路器电路 …… 219
26-7　纺织机节电控制电路 …… 220
26-8　节省导线的两地控制开关电路 …… 221
26-9　四种电焊机空载自停电路 …… 221
26-10　交流接触器改为直流运行节电电路 …… 222
26-11　交流接触器无声运行电路 …… 222
26-12　高压 10kV 母线无功功率补偿接线电路 …… 223
26-13　电力电容在变电所用于无功功率补偿电路 …… 223
26-14　电动机无功功率补偿电路 …… 223
26-15　无功功率跟踪补偿电路 …… 224
26-16　电压控制型无功补偿电路 …… 224
26-17　电动缝纫机高效节电电路 …… 225
26-18　车床空载自停电路 …… 225
26-19　光电控制自停电路 …… 225
26-20　齿轮机、车床空载自停电路 …… 226
26-21　砂轮机脚踏开关电路 …… 226
第 27 章　报警与防盗电路 …… 227
27-1　电力电缆防盗割报警电路 …… 227
27-2　交流电动机防盗报警电路 …… 227
27-3　漏电报警插座电路 …… 227
27-4　交流电网停电、复电两用声响电路 …… 228
27-5　远距离潜水电泵防盗报警器电路 …… 228

27-6　激光探测防盗报警电路 …… 228
27-7　中小型变压器高压侧断相报警电路 …… 229
27-8　变压器超温报警器电路 …… 229
27-9　简单的电子报警电路 …… 229
27-10　电工常用警语牌电路 …… 230
27-11　夜间作业闪光标志灯电路 …… 230
27-12　给门铃增加防盗报警功能电路 …… 230
第 28 章　电工经验电路 …… 231
28-1　直流电磁铁快速退磁电路 …… 231
28-2　消除直流电磁铁火花电路 …… 231
28-3　防止制动电磁铁延时释放电路 …… 231
28-4　他励直流电动机失磁保护电路 …… 232
28-5　串联灯泡式强励磁电路 …… 232
28-6　缺辅助触点的交流接触器应急接线 …… 232
28-7　防止电压波动造成停转的电路 …… 233
28-8　加密的电动机控制电路 …… 233
28-9　交流接触器低电压启动电路 …… 233
28-10　HF-4-81 系列发电机控制电路 …… 234
28-11　单相电容电动机接线 …… 235
28-12　自制绝缘检测器电路 …… 235
28-13　由两个单向晶闸管构成的三相电动机接单相电源的启动电路 …… 235
28-14　三相异步电动机改为单相运行电路 …… 236
28-15　热继电器校验台电路 …… 236
28-16　绝缘耐压测试仪电路 …… 237
28-17　用一根导线传递联络信号电路 …… 237
28-18　用单线向控制室发信号电路 …… 237
28-19　利用热继电器制作限电器电路 …… 237
28-20　简易测量导线通断的接线方法 …… 238
28-21　用行灯变压器升压或降压的接线方法 …… 238
28-22　检查晶闸管的接线方法 …… 239
28-23　用电焊机干燥电动机电路 …… 239
28-24　短路干燥变压器电路 …… 239
28-25　巧用变压器电路 …… 239
28-26　单相、三相自耦调压器的接线 …… 239
28-27　扩大单相自耦调压器调节电压范围电路 …… 240
28-28　三相异步电动机低速运行电路 …… 240
28-29　自制能消除感应电的验电笔电路 …… 241
28-30　单电源变双电源电路 …… 241
28-31　限位器接线 …… 241
28-32　交流电焊机一般接法 …… 242
28-33　自制交直流两用弧焊机电路 …… 242
28-34　利用硅整流电镀电器电路 …… 243
28-35　断线测定仪电路 …… 244

28-36　电瓶铲车电气控制电路 …… 244
28-37　用变色发光二极管做电动机运行、停止、过载指示电路 …… 244
28-38　电动机接线盒内的接线方法 …… 245
28-39　Y 系列电动机接线方法 …… 245
28-40　用万用表测定电动机三相绕组头尾的接线方法 …… 246
28-41　利用交流电源和灯泡检查电动机三相绕组的头尾 …… 246
28-42　单相电容电动机的接线方法 …… 247
28-43　改变三相异步电动机旋转方向的方法 …… 248
28-44　用耐压机查找电动机接地点电路 …… 249
28-45　QZ73 系列综合磁力启动器 …… 249
28-46　浪涌保护器（SPD）应用接线 …… 250
28-47　JS11PDN 型搅拌机控制器应用电路 …… 253
28-48　插座的实际接线方法 …… 253
28-49　多条皮带运输原料控制电路 …… 253
28-50　电动机接线盒内的接线方法 …… 254
28-51　Y 系列电动机接线方法 …… 255
28-52　脚踏开关应用接线 …… 256
28-53　GYD 系列空压机气压自动开关接线 …… 256
28-54　三相异步电动机改为单相运转接线 …… 258
28-55　用交流接触器的主触点兼作自锁辅助触点的应用电路 …… 258
28-56　BXI 系列弧焊变压器电气线路 …… 259
28-57　BX2 系列弧焊机结构示意图 …… 259
28-58　BX2 系列弧焊机电气线路 …… 259
28-59　BX3 系列弧焊机结构示意图 …… 259
28-60　BX3 系列弧焊机电气线路 …… 260
28-61　BX3－120 型弧焊机电气线路 …… 260
28-62　带 KDH 开关的 BX3 弧焊机电气线路 …… 260
28-63　BX6－120 型弧焊机电气线路 …… 260
28-64　KXI0－500 型弧焊机电气线路 …… 260
28-65　BX2－500 型交流遥控弧焊机电气线路 …… 261
28-66　AX1－165 型直流弧焊机电气线路 …… 261
28-67　AX－320 型直流三电刷裂极式弧焊机电气线路 …… 261
28-68　AX1－165 型直流弧焊发电机电气线路 …… 262
28-69　AXI－500 型直流弧焊机电气线路 …… 262
28-70　AX4－300 型直流弧焊机电气线路 …… 263
28-71　AX－320 型直流弧焊机电气线路 …… 263
28-72　能区别瞬时故障的报警器电路 …… 263
28-73　两参数输入有触点信号报警器电路 …… 264
第 29 章　起重设备控制电路 …… 265
29-1　CD 型起重机控制电路 …… 265
29-2　KTJ15－32（63）/1 型凸轮控制器控制电路 …… 265
29-3　LK1－12/90 型主令控制器控制行车主钩电路 …… 266
29-4　PQR10B 型主令控制器应用电路 …… 268

29-5　吊篮式起重机控制电路 …… 269
29-6　5 吨桥式起重机控制电路 …… 269
第 30 章　电工计量仪表与测量仪表电路 …… 272
30-1　DD17 型单相跳入式电度表的接线方法 …… 272
30-2　单相电度表测有功功率顺入接线方法 …… 272
30-3　DT8 型三相四线制电度表接线方法 …… 272
30-4　DS8 型系列电度表三种接线方法 …… 273
30-5　DX8 型三相三线无功功率电度表接线方法 …… 274
30-6　单相电度表可测三相用电器的有功功率接线方法 …… 275
30-7　三相有功功率电度表接线方法 …… 276
30-8　三相无功正弦电度表接线方法 …… 276
30-9　用一个单相电度表测量三相无功电能接线方法 …… 277
30-10　直流电度表的接线方法 …… 277
30-11　直流电流表、直流电压表常用的接线方法 …… 277
30-12　交流电流表的接线方法 …… 278
30-13　两种三块电流表接入三相电源的方法 …… 278
30-14　50KA、50GF、75GF 型发电机控制屏电路 …… 278
30-15　功率、功率因数、频率的测量电路 …… 279
30-16　JDJ 型电压互感器接线方法 …… 279
30-17　交流与直流两用电压表的接线方法 …… 280
30-18　五种常用自动控制仪表接线方法 …… 280
30-19　ZSK－4 型自动计数器控制电路 …… 281
30-20　DH－14J 预置数数显计数继电器接线电路 …… 282
30-21　电工常用万用表电路 …… 283
30-22　MF47 型万用表电路 …… 285
30-23　电工常用兆欧表电路 …… 285
30-24　MG26/27 型多用钳形表电路 …… 286
30-25　电工常用 MG31-2 型钳形电流表电路 …… 287
30-26　三相四线有功电能表与一只交流电流表和一只电流换相开关经三只电流互感器的联合接线电路 …… 288
30-27　三相四线有功电能表与功率表经两只电流互感器和两只电压互感器的联合接线电路 …… 288
30-28　三相四线有功电能表与功率表经三只电流互感器和两只电压互感器的联合接线电路 …… 288
30-29　三相四线有功电能表和功率表、交流电流表经三只电流互感器和两只电压互感器的联合接线电路 …… 289
30-30　单相智能电能表安装使用接线电路 …… 289
30-31　三相智能电能表安装使用接线电路 …… 290

第 1 章

电子电源电路

1-1 二倍压整流电路

二倍压整流电路如图 1-1 所示，它是利用一组绕组、两只整流二极管，可获得三组不同输出电压的整流电路。

如果电容器较大，并且负载电阻 R_L 也很大，在 e_2 正半周时，可以认为经过整流二极管 VD1 对 C1 充上$\sqrt{2}e_2$ 的电压而基本保持不变。同样，在 e_2 负半周时，经 VD2 对 C2 也充上$\sqrt{2}e_2$ 的电压。因此，在 AC 及 BC 间分别得到正的和负的$\sqrt{2}e_2$ 输出电压，在 AB 之间则是 $2\sqrt{2}e_2$ 输出电压，即二倍压输出。

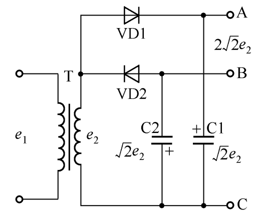


图 1-1 二倍压整流电路

1-2 单相全波整流电容器滤波电路

如图 1-2 所示为单相全波整流电容器滤波电路，由图 1-2 可以看出，滤波后直流电压提高了。这是由电容器充放电作用造成的。当 R_L 很大时，输出直流电压 U_o 接近于$\sqrt{2}e_2$，因为充好电以后刚放掉一点，下次充电又来了，如此周而复始，便形成了比较平稳的直流电。

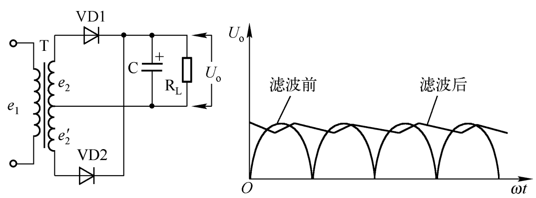


图 1-2 单相全波整流电容器滤波电路

滤波电容器的容量一般取几至几百微法，其耐压应大于输出电压 U_o。此外，电解电容器的极性不可接反。电容滤波整流电路的输入与输出电压见表 1-1。

表 1-1 电容器滤波整流电路的输入与输出电压

整流电路形式	输入交流电压（有效值）	负载开路时的输出电压	带负载时输出电压（估计值）	二极管的反向峰值电压
半波	E_2	$\sqrt{2}E_2$	E_2	$2\sqrt{2}E_2$
全波	E_2+E_2	$\sqrt{2}E_2$	$1.2E_2$	$2\sqrt{2}E_2$
桥式	E_2	$\sqrt{2}E_2$	$1.2E_2$	$\sqrt{2}E_2$

注：表中的 E_2 即为图 1-2 中的 e_2 有效值，电压单位均为 V。

带负载时输出电压 U_o，随整流电路内阻、负载电阻 R_L 及滤波电容 C 的大小不同而变化，整流电路内阻越小、负载电阻越大、滤波电容越大，则输出电压的直流分量越大，反之越小。

滤波电容 C 的大小与输出电流 I_o 的关系见表 1-2。

表 1-2 滤波电容器与输出电流的关系

输出电流 I_o	≈2A	≈1A	0.5～1A	0.1～0.5A	<100mA	<50mA
电容 $C/\mu F$	4000	2000	1000	500	200～500	200

当电源电压 $e_2 > 30V$ 时，滤波电容可适当减小。

1-3　0～12V 可调稳压电源电路

如图 1-3 所示为 0～12V 可调稳压电源电路，图中 L 为相线（火线），N 为中性线（零线），S 为开关，FU 为熔断器，T 为变压器（其虚线为屏蔽层并接地），VD1～VD4 为桥式整流电路，C 为滤波电容器。经整流滤波后获得的～15V 电源（空载时约为～17V）经电阻 R 限流将稳压二极管 VD_Z（2CW19）反向击穿，在 M 点形成一个稳定的电压值。选择适当的稳压二极管，使 M 点稳定输出～12V。这样在电位器 RP 的上端也必然为一个稳定的～12V 电压。调节 RP，当它的活动臂滑向上端时，VT2 基极的电位也必然升高，通过 VT1、VT2 复合管放大后，其输出端 Q 的电位也必然升高，直至与 M 点电位相当，即为～12V；相反，RP 的滑臂向下调整时，VT2 基极电位就会降低，U_o 也势必随着下降，直至与地电位接近，即为 0V。

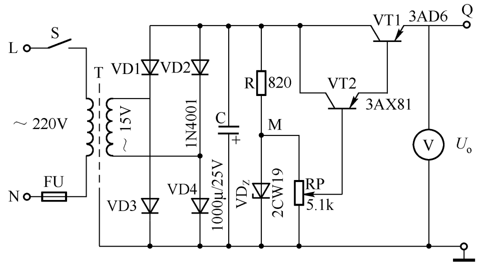


图 1-3　0～12V 可调稳压电源电路

电路中 VT1、VT2 必须用锗管，如果是硅管，电源输出调不出 0V。此外，电源的输出端（VT1 的发射极与地之间）不可并联大容量电容器，否则调整 RP 时（尤其是负载轻或无负载时），Q 端电压升降缓慢。

1-4　三端固定稳压电源电路

三端稳压电源由变压器 T、整流桥 VD1～VD4、滤波电容器 C1 和三端固定稳压集成块 IC 组成，固定输出 15V 电压，不可调整，如图 1-4 所示。

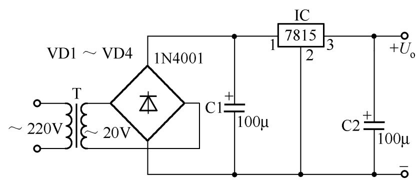


图 1-4　三端固定稳压电源电路

不同稳压块的输入和输出电压等参数是不同的，读者在选用时一定要注意。

几种不同的稳压块参数见表 1-3。

表 1-3　几种不同的稳压块参数

型　　号	7805	7812	7815	7818	7824	7905	7912	7915
输入电压/V	10	19	23	26	33	−10	−19	−23
输出电压/V	5	12	15	18	24	−5	−12	−15
静态电流/mA	8	8	8	8	8	2	3	3
短路电流/A	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.5	2.5	2.2
电压差/V	2	2	2	2	2	2	2	2

1-5　正负直流稳压电源电路

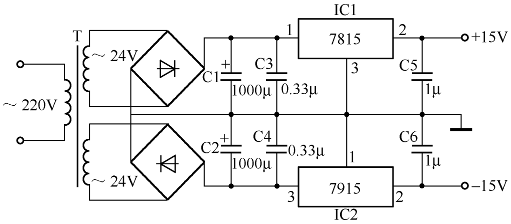


图 1-5　正负直流稳压电源电路

如图 1-5 所示为采用集成稳压器的正负直流稳压电源电路，变压器的二次侧的输出电压为 24V，经全波整流后输出的直流电压为 24V × 0.9 = 21.6V。两个 1000μF 电容器分别为两个桥式整流电路的滤波电容器。经过集成稳压器稳压后，分别输出 ±15V 的直流电源。

集成稳压器内部稳压系统及纹波消除系统十分完善，因此滤波电容器的值不必太大。目前使用广泛的声控灯开关均使用这种电源供电。

1-6 三端可调式直流稳压电源电路

三端指的是电压输入端、电压输出端和电压调整端，正压指的是输出正电压。目前，流行的正压输出稳压器有 LM117/217/317 系列、LM123 系列、LM140 系列、LM138 系列和 LM150 系列等。如图 1-6 所示为采用 LM317 的三端可调式直流稳压电源电路，输出电压为连续可调的直流电源和全波整流、电容器滤波的直流电源。交流电源变压器二次侧采用对称双二次侧，输出直流电压为变压器二次电压的 0.9。

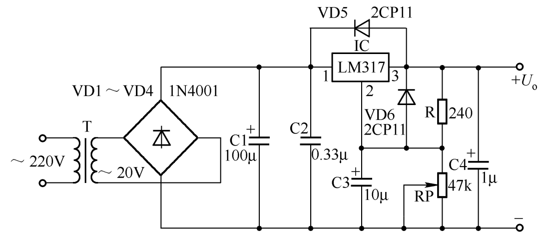


图 1-6 三端可调式直流稳压电源电路

LM317 是三端正压稳压器，它的输出电压可调，稳压精度高，输出纹波小，一般输出电压为 1.2～35V，最大负载电流为 1.5A，电路内部设置过电流保护、芯片过热保护及调整管安全工作区保护，它的工作温度为 0～150℃，其主要参数见表 1-4。

表 1-4 LM317 的主要参数

电压调整率	电流调整率	基准电压	调整端电流	调整端电流变化	纹波抑制比	输出电压温度变化率	最大输入电压	最小输入电压
0.01%	1%	1.25V	50μA	0.20μA	80dB	0.7mV/℃	40V	3V

1-7 开关稳压电源电路

如图 1-7 所示为开关稳压电源电路，T 为电源变压器；VD1～VD4 为整流桥，C1、C2 为电容器滤波；VT 为开关管，工作状态受控于基极控制脉冲信号 U_k，控制脉冲信号 U_k 来自于控制电路，控制电路受控于输出电压 U_o；VD5 为续流二极管；L 为扼流电感。

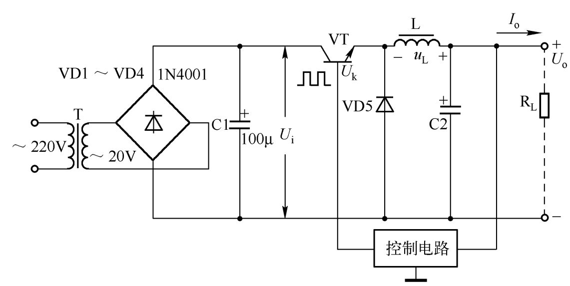


图 1-7 开关稳压电源电路

开关电源的核心部分是一个工作在开关状态的逆变器，它可以把直流电流逆变为高频脉冲电流。当电源接通时，U_i输入。此时 U_o小于上限允许值 U_{omax}，经控制电路作用，开关管基极的控制脉冲信号 U_k为高电平，VT 处于饱和导通状态。U_i经 VT、L 向 C2 充电，形成输出电流 I_o和输出电压 U_o。

U_o随着时间的延续而升高，当上升到上限允许值 U_{omax}时，经控制电路作用，开关管基极的控制脉冲信号 U_k为低电平，VT 处于截止状态。由于扼流电感 L 中的电流不能突变，L 产生自感电压 u_L；u_L的极性如图 1-7 所示；续流二极管 VD5 因正偏而导通，u_L经 R_L、VD5 续流，同时 C2 放电；从而保持了开关管截止期间负载电流的连续，但电流和电压是逐渐减小的。

当下降到下限允许值 U_{omin}时，经控制电路作用，U_k为高电平，VT 处于饱和导通状态。C2 又被充电，此时续流二极管 VD_5 因反偏而截止，U_o再次上升。当 U_o上升到 U_{omax}时，控制脉冲信号 U_k变为低电平。如此反复，电路处于开关状态，使输出电压 U_o始终在允许的 U_{omin}～U_{omax}之间波动，波动的量级一般在毫伏级，从而达到稳压的目的。

1-8 输出 12V/2A 的直流稳压电源电路

如图 1-8 所示为一种输出平稳的 12V/2A 直流稳压电源电路，用于电视机或其他电源电压为 12V、电流为 2A 的家用电器上。图中的电位器 RP 可调整输出电压。

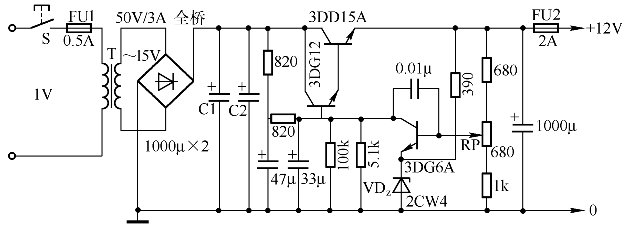


图 1-8　输出 12V/2A 的直流稳压电源电路

1-9　双电压可调稳压电源电路

如图 1-9 所示为双电压可调稳压电源电路，是电路实验时经常使用的一种电源。其电流不超过 1A，但两组电压分别可调，且互不影响。

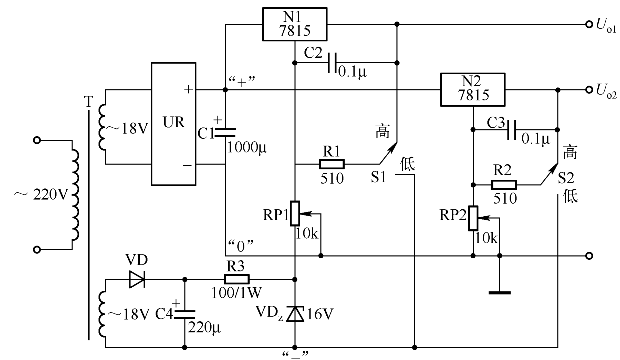


图 1-9　双电压可调稳压电源电路

N1 和 N2 为 78 系列三端稳压集成电路，由于其输出电压等于标称稳压值与公共接地端电压之和，因此，只要给公共端加上一个可调的正、负电压，就可使输出电压高低可调。该电路 N1、N2 公用一组整流电源。变压器 T 的另一组输出，经 VD 整流、C4 滤波、R3 限流、VD_Z 稳压后，专门提供共地参考负电压，通过开关 S1、S2 可选择加在公共端上的电压极性，再调整 RP1 或 RP2 便可分别调节两路输出电压。由图 1-9 可知，两路输出电压可在 1.5～25V 范围内连续变化，电压稳定度也符合使用要求。当电压调低后，集成电路的输入/输出（I/O）电压差很大，功耗相应地增加，因此必须装上散热器。

当选择正参考电压时，电位器的滑臂越接近地端输出电压便越高；而选择负参考电压时，滑臂越接近地端则输出电压越低。

RP1、RP2 的选取原则是使稳压值略高于集成电路的标称值。稳压电路的输入/输出电压差最大值一般不超过 35V，因此，变压器二次电压不宜高于 25V，以免损坏集成电路。

1-10　触摸开关电源电路

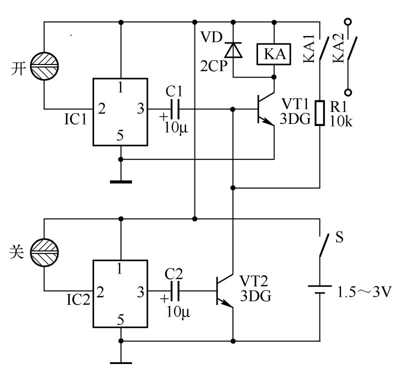


图 1-10　触摸开关电源电路

如图 1-10 所示为触摸开关电源电路。其中上半部分为“开”电路，当触摸“开”接触片时，IC1 被触发，音乐信号正半周使开关管 VT1 导通，继电器 KA 线圈吸合，触点 KA 的一组常开触点闭合，正电源经 R1 给 VT1 提供偏流，电路自保。触点 KA 的另一组常开触点同时接通，使负载工作。下半部分为“关”电路，当触摸“关”接触片时，IC2 被触发，音乐信号正半周时 VT2 导通，致使 VT1 偏流被旁路，VT1 截止，KA 线圈释放，触点断开，负载停止工作。

第 2 章

电子指示、测量电路

2-1　用发光二极管做熔断指示器电路

在实际工作中常常发现，熔断器中的熔丝坏了却不易察觉。在多路电源供电的情况下，更不易判断是哪只熔断器出了故障，这就不能及时发现哪只熔断器熔断。如果不能及时发现，特别是在控制电动机中，可能会造成电动机两相运转、烧坏电动机。用发光二极管作熔断指示器则可解决这个问题，电路如图 2-1 所示。

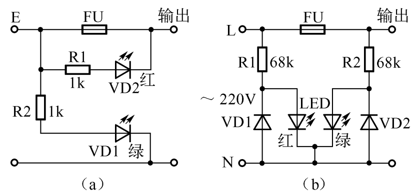


图 2-1　用发光二极管做熔断指示器电路

如图 2-1（a）所示为直流电路中熔断器指示电路。输出正常时，电流通过 R2、发光二极管 VD1 发光，它不仅表明负荷在正常工作，而且说明电源 E 也正常，起着电源指示灯的作用。此时，VD2 被熔断器 FU 短路而不发光。当 FU 因某种原因而断开后，电源便通过 R1、VD2 发光，指示熔断器出了故障。若 VD1 用绿色发光二极管，VD2 用红色发光二极管，则指示更醒目。

如图 2-1（b）所示为变色发光二极管制作的交流电路中的熔断指示器。熔丝正常时，双色发光二极管（LED）内的两只发光二极管均点亮，呈橙色；一旦熔丝熔断，发光二极管（LED）中的右边一只发光二极管失去电源而不亮，只有左边的一只发光二极管仍然点亮，所以呈红色。

2-2　市电电压偏离指示器电路

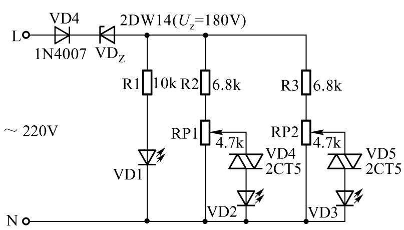


图 2-2　市电电压偏离指示器电路

如图 2-2 所示为市电电压偏离指示器电路，电路的特点是在电源电压的每个正半周接通指示器，而且是在某一固定的电压幅度等于动作阈值时才接通。当电压的瞬时值降到 0V 时，电路断开，这样可以消除滞后现象，提高了指示的精确性。

电路的输入端具有由二极管 VD4 和稳压二极管 VD_Z 构成的电压限制器，其后面有三个并联的指示器：第一个指示器由 R1 和发光二极管 VD1 组成，作为电源指示灯；其余两个指示器由电阻器、电位器、双向二极管及与它串联的发光二极管组成，它们组成阈值电路，直接指示电压的偏离。用电位器 RP1 调节电源电压下降的下限阈值；当上升 5% 时，用 RP2 调节电源电压上升的上限阈值。如果交流电压处于额定值，则 VD1、VD2 发亮；当电源电压下降时，VD2 发亮；电压升高时，VD1、VD2、VD3 都发亮。以此告知使用者电源电压的偏离情况。

2-3　电压显示器电路

用发光二极管显示市电电压范围，其电压显示器电路如图 2-3 所示，图中，VD_Z1～VD_Z4 为稳定电压值 U_Z = 42～55V 的稳压二极管，共四只；VD_Z5～VD_Z8 为 U_Z = 15V 左右的稳压二极管。二极管 VD 将市电做单相半波整流。VD1～VD5 为发光二极管，R1～R5 为限流电阻器。

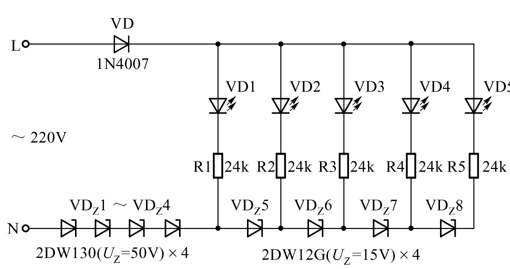


图 2-3　电压显示器电路

电压显示器工作情况是这样的，当市电为 185V 时，VD1 发出微光，190V 时，VD1 正常发光；195V 时，VD2 发微光，200V 时，VD2 正常发光……直到 225V 时，VD5 发出微光，230V 时，VD5 正常发光。每增加 5V，点亮一

只发光二极管（它前面的发光二极管此时仍被点亮）。

2-4　压力测量电路

如图 2-4 所示为压力测量电路，当作用力为 0～1500g 时，U_o输出为 0～1500mV（灵敏度为 1mV/g）。电源由 ±12V 供电，压力传感器由 12V 经三个二极管降压后（约 10V）供电。A1～A3 组成仪器放大器，其差动输入端直接与压力传感器的 2 脚和 4 脚连接。A4 接成跟随器，输入电位器 RP2 的电压，其作用是消除零点输出，即作用力为零时，若电桥有不平衡输出或放大器有失调电压时，可以调整 RP2，使输出 $U_o=0V$。调整 RP1（调放大倍数）可以在满量程 1500 克作用力时，使 $U_o=1500mV$。

为保证仪器放大器的精度，电阻应采用金属膜电阻，A1～A3 中的电阻精度以 1% 为佳。

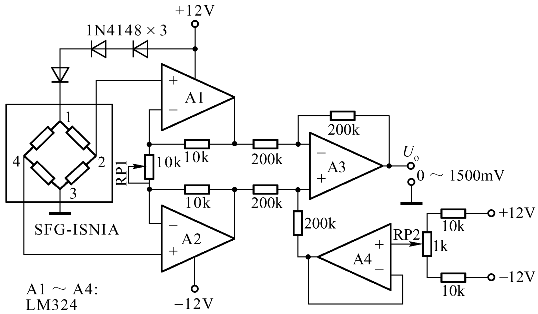


图 2-4　压力测量电路

2-5　土壤湿度检测电路

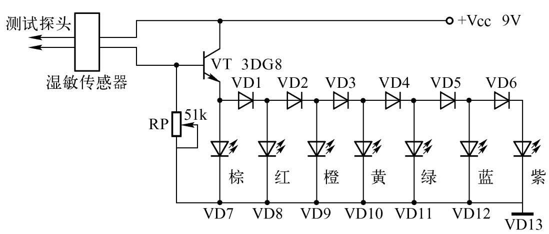


图 2-5　土壤湿度检测电路

如图 2-5 所示为土壤湿度检测电路，它可以粗略地判断土壤的湿度。采用七色发光二极管来指示土壤相对湿度的大小，使用十分方便。

土壤湿度测试仪电路由湿度传感器检测探头、晶体管 VT、二极管 VD1～VD6、发光二极管 VD7～VD13、电位器 RP 和 9V 电源组成。

在湿度检测探头未插入土壤中或土壤太干时，VT 和 VD1～VD6 均处于截止状态，VD7～VD13 均不发光。当土壤有一定湿度时，土壤中的水分使湿度检测探头两电极之间的阻值变小，VT 导通，VD7～VD13 顺序点亮，依次发出棕、红、橙、黄、绿、蓝、紫 7 种颜色的光，土壤的湿度越大，VT 的导通能力越强，点亮发光二极管的个数就越多。按照发光二极管点亮的多少来说明土壤的湿度大小。

2-6　红外线人体探测电路

红外线人体探测电路如图 2-6 所示，人体红外探测器采用红外线传感器，它能以非接触形式检测出物体放射出来的红外线能量变化，并将其转换成电信号输出。它的封装通常有金属封装及塑料封装两种形式。热释红外线传感器从内部结构上区分，有单元件和双元件两种。双元件型接收波长为 6.5～14μm，适用于防盗系统人

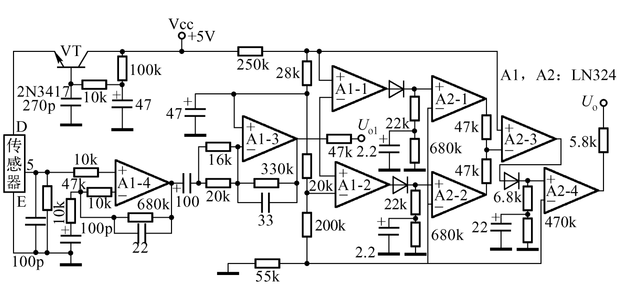


图 2-6　红外线人体探测电路

体感应。单元件型接收波长为 1～20μm，适用于温度遥感，但同样可应用于防盗及自动控制系统。

为了提高热释红外线传感器的接收灵敏度，通常在传感器前外加菲涅耳透镜，使得大量的红外线光脉冲进入热释红外线传感器，提高控制距离，一般可达 10m 以上。如图 2-6 所示，双脉冲人体红外探测器电路中采用双元件型热释红外线传感器作为电路的探测器。当探测器接收到人体信号时，输出一个微弱的低频信号，其频率约为 0.3～3Hz。A1-4 和 A1-3 组成两级低通滤波放大器，Al-1 和 Al-2 组成窗口比较器。A2-1～A2-4 构成单限比较器，U_o 端高电平表示有输出信号。U_{o1} 端可用于检测缓变信号。

2-7　超声波测距电路

如图 2-7 所示为超声波测距电路，它由超声波发送/接收测距电路组成，由同一个超声波换能器担任，其工作频率为 40kHz。发送及接收状态由时基电路 NE555 来控制，在电路中增加一个 1N4007 二极管后可使发送超声波时间缩短，接收时间加长。NE555 电路的 3 脚输出的方波通过 10kΩ 电阻被送到 LM1812 的 8 脚，接收信号由电容器 C4 耦合输入到 LM1812 的 4 脚，检测信号由 14 脚输出。测距范围为 0～6m。

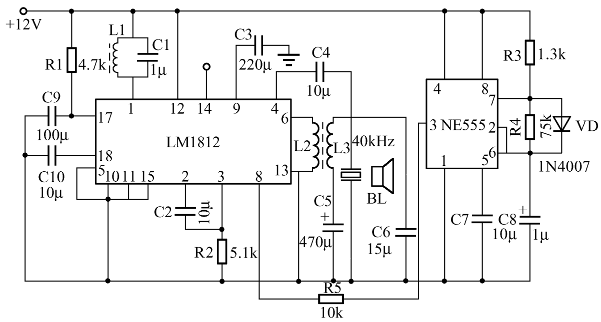


图 2-7　超声波测距电路

2-8　墙内导线探测电路

如图 2-8 所示为墙内导线探测电路，墙内导线探测仪能够在墙壁表面精确地查找电线的位置、走向，电路简单实用。

TX 是感应片，在交流导线附近感应出交流信号，送至结型 N 沟道的场效应管 VT1 的栅极。VT1 对交流信号有半波整流和放大作用，无信号时，VT1 的漏极输出高电平，VT2、VT3 均截止，发光二极管 VD 不发光。

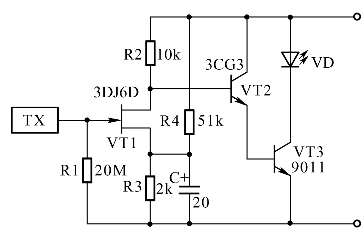


图 2-8　墙内导线探测电路

在信号的负半周，使 VT1 的栅极相对于源极更负，所以 VT1 输出仍为高电平，发光二极管 VD 不发光；而在信号的正半周，VT1 输出低电平，VT2、VT3 导通，发光二极管 VD 发光。R2、R3 和 C 为 VT1 加偏压，提高检测的灵敏度。

2-9　热敏电阻温度测量电路

如图 2-9 所示为采用热敏电阻作为测温元件的温度测量电路。控温范围由室温到热敏电阻的测温最高值，测量精度可达 0.1℃。

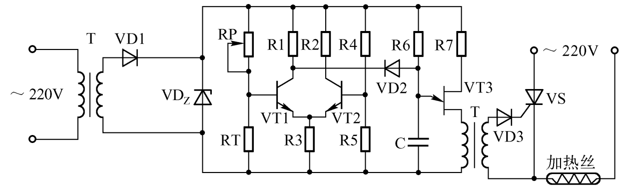


图 2-9　热敏电阻温度测量电路

测温用的热敏电阻 RT 为正温度系数，将它作为偏置电阻接在 VT1、VT2 组成的差分放大器电路内，当温度变化时，热敏电阻的阻值发生变化，引起 VT1 的集电极电流变化，经二极管 VD2 引起电容器 C 充电电流的变

化，改变了充电速度，从而使单结晶体管的输出脉冲产生相移，改变晶闸管 VT3 的导通角。由此调节电热丝中的加热电流，达到自动检测控制温度的目的。

2–10　热电偶温度测量电路

如图 2-10 所示为采用 AD594C 的热电偶温度测量电路。AD594C 片内除有放大电路外，还有温度补偿电路，对于 J 型热电偶，经激光修整后可得到 10mV/℃输出。在 0～300℃测量范围内精度为 ±1℃。若 AD594C 输出接 A/D 转换器，则可构成数字显示温度计。电路中 2B20B 是电压/电流变换器，将运放 A1 放大与温度相应的电压信号变换为 4～20mA 的电流环进行远距离传送。

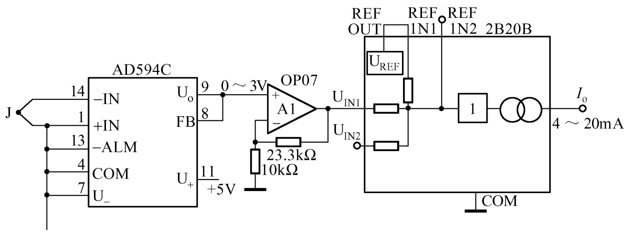


图 2-10　热电偶温度测量电路

2–11　电缆测试电路

如图 2-11 所示为电缆测试电路，电缆测试电路利用交流连续性原理，对多种导体的电缆进行故障定位，并提供简单的通、断测试，以利快速修复电缆。本电路在待测电缆的一条线上注入交流信号，然后在其他线上寻找缺失的电容器耦合。故障电缆的一端具有良好的交流连续性，而另一端则没有这种特性。当任何电缆的线间电容器低于 100pF 时，该电路指示为断线。

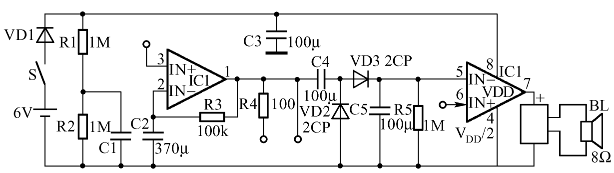


图 2-11　电缆测试电路

图 2-11 中，VD1 为电源隔离二极管，IC1 为美信 MAX9022 低功率双比较器。比较器的前半部分与 R3、C2 组成一个工作在近似 155kHz 频率下的张弛振荡器，它产生输出信号的峰－峰值近似于电源电压。该信号通过 R4 馈送到待测电缆线上的一个端子。R1、R2 组成分压电路。C1、C3 为去耦电容器。

电路中比较器的后半部分处理待测电缆另一端的输出交流信号，BL 为输出蜂鸣器。待测电缆有断线故障时蜂鸣器就鸣响。VD2、VD3 是一对硅二极管整流器，对待测电缆耦合过来的交流信号进行整流，然后将整流电压汇集到存储电容器 C5 上。R5 为泄放电阻，一方面提供抗噪声；另一方面帮助复位待测电缆线间的电容器，输出电阻 R4 和输入电容器 C4 提供有限的电路保护。

第 3 章

电子遥控电路

3-1 磁控式遥控开关电路

采用霍尔开关 SH 的磁控式遥控开关电路如图 3-1（a）所示。在磁铁远离霍尔开关电路时，由于正向固定偏磁作用，霍尔开关电路导通，其输出为低电位，晶闸管关断，交流接触器 KM 释放。而在磁铁移到霍尔开关的敏感区时，在反向磁场作用下，其输出端突升为高电平，通过二极管 VD 使 VS 导通，KM 吸合。调节 RP1 和 RP2 可以兼顾灵敏度和可靠性（防止 VS 误触发）。

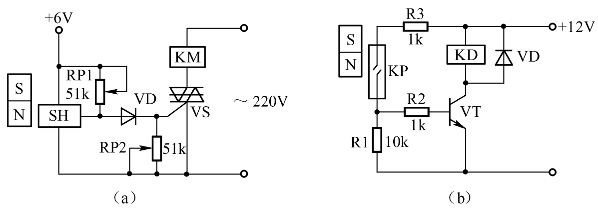


图 3-1　磁控式遥控开关电路

如图 3-1（b）所示是采用干簧管 KP 的磁控装置。在磁铁远离 KP 时，KP 的触点断开，晶体管截止，继电器 KD 释放。而在磁铁靠近 KP 时，KP 的触点闭合，KD 吸合，继电器 KD 的触点串联在被控电气设备的控制回路中，这样，磁铁的运动及其所在位置决定设备的工作状态。

如果电路中继电器的线圈电流很小，或者用电设备的电压很低，电流很小，那么可以将其直接与干簧管串联，用不到其他元器件。干簧管一般触点容量较小，在控制大容量负载时，就要用晶体管、继电器、接触器或晶闸管等作电压、电流或功率的放大。由于晶闸管控制极所需的电压很低、电流很小，因此，把干簧管接于晶闸管的控制极回路，用电设备接于晶闸管的主电路中，这是一种较好的方案。

3-2 光电遥控开关电路

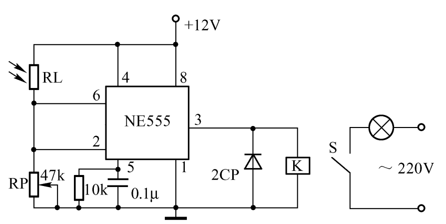


图 3-2　光电遥控开关电路

如图 3-2 所示为一简单的光电遥控开关电路，而光敏电阻 RL 常与晶体管、集成运算放大器、NE555 定时元件等配合组成各种不同的电路。NE555 结成滞后比较器，灯泡的开关受光敏电阻控制，白天关闭，晚上接通。

3-3 防止儿童走失无线遥控电路

如图 3-3 所示为防止儿童走失无线遥控电路。在儿童或高龄老人身上戴上一个发射器，在监护人身上带一个接收器。当儿童或高龄老人离开监护人（家长或保姆）距离 3～4m 时，监护人接到报警声，由于距离不远，很快可以发现，不易丢失。这种装置特别适用于在商场、闹市等人群拥挤的场合。

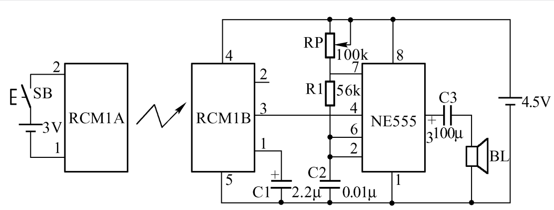


图 3-3　防止儿童走失无线遥控电路

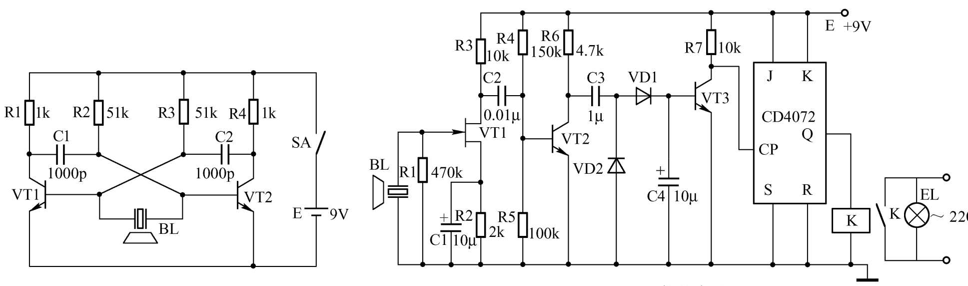
电路由发射器和接收器两部分组成，核心元器件

为 RCM1A 和 RCM1B，发射器接通电源后就向周围发射信号。接收器电路由接收模块 RCM1B、多谐振荡器、扬声器等组成。RCM1B 在有效接收范围内（8～15m）收到 RCM1A 发射的信号时，其低电平输出端的 3 脚输出低电平，由时基集成电路 NE555 等组成的多谐振荡器因其总复位端的 4 脚为低电平，电路不起振。当发射器与接收器之间距离超出接收范围时，RCM1B 的 3 脚输出高电平，多谐振荡器起振，扬声器发出报警声。

电路中调整电位器 RP 使扬声器发出的声调悦耳动听即可。使用时，将发射器放在幼童衣袋里，接收器放在家长的口袋里，打开电源开关。当儿童离开家长超出一定距离时，接收器便发出报警声。

3-4 超声波遥控开关电路

如图 3-4 所示为一种超声波遥控开关电路，其中，如图 3-4（a）所示为发射电路。电路采用分立元器件构成，也可由 NE555 组成。VT1 和 VT2 及 R1、R2、C1、C2 构成自激多谐振荡器，超声发射元器件 BL 被连接在 VT1 和 VT2 的集电极回路中，以推挽形式工作，回路时间常数由 R1、C1 和 R4、C2 确定。超声发射元器件 BL 的共振频率使多谐振荡电路触发。因此，本电路可工作在最佳频率上。



（a）发射电路　　（b）接收电路

图 3-4　超声波遥控开关电路

如图 3-4（b）所示为接收电路，结型场效应晶体管 VT1 构成高输入阻抗放大器，能够很好地与超声接收元器件 BL 相匹配，可获得较高接收灵敏度及选频特性。VT1 采用自给偏压方式，改变 R3 即可改变 VT1 的静态工作点，超声接收元器件 BL 将接收到的超声波信号转换为相应的电信号，经 VT1 和 VT2 两级放大后，再经 VD1 和 VD2 进行半波整流变为直流信号，由 C3 积分后作用于 VT3 的基极，使 VT3 由截止变为导通，其集电极输出负脉冲，触发器为 JK 触发器，使其翻转。JK 触发器 Q 端的电平直接驱动继电器 K，使继电器 K 线圈吸合或释放，由继电器 K 的触点控制电路的通断。

3-5 遥控直流电动机正反转电路

如图 3-5 所示为玩具汽车的遥控直流电动机正反转电路，它利用遥控接收模块 RCM1B 的 2、3 脚输出电平的高低转换来控制直流电动机的正转和反转，可组成简单的玩具汽车遥控电路。

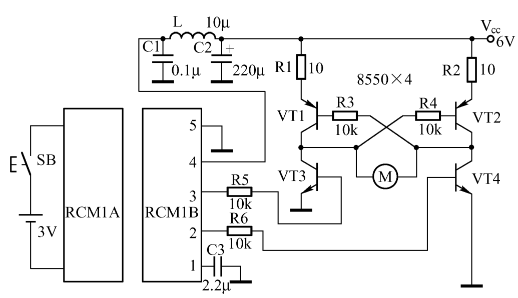


图 3-5　遥控直流电动机正反转电路

当按下发射器按钮时，RCM1A 发射信号，接收模块 RCM1B 收到信号，2 脚输出高电平，3 脚输出低电平，晶体管 VT3、VT2 截止，VT4、VT1 导通，电流经 R1、VT1、直流电动机、VT4 回到电源负极，电动机正转，玩具汽车前进；松开发射器按钮后，RCM1A 断电而停止发射信号，RCM1B 接收不到信号，2 脚输出低电平，3 脚输出高电平，VT3、VT2 由截止变为导通，VT4、VT1 则由导通变为截止，电流经 R2、VT2、直流电动机、VT3

回到电源负极，电动机上的极性刚好相反，电动机反转，玩具汽车后退。

电路中的 C1、C2、L 组成滤波网络，用于防止玩具汽车直流电动机工作时产生的换向火花干扰接收电路正常工作。电动机驱动管 VT1、VT2 采用 8550 等中功率 PNP 管，VT3、VT4 采用 8050 等中功率 NPN 管，VT1～VT4 的阻值应一致。本电路安装完毕后无须调整即可正常工作。

3-6　语音遥控门铃电路

如图 3-6 所示为语音遥控门铃电路，接收模块 RCM1B 没有收到信号时，2 脚输出低电平，语音集成电路因触发端 TG 脚无高电平触发信号而不工作。当按下发射器按钮时，发射模块 RCM1A 发射信号，在有效接收范围内，RCM1B 接收到信号，2 脚输出高电平，触发语音集成电路工作，其输出端 OUT 输出内部储存的“叮咚，您好！请开门。”语音信号，经 VT 放大后推动扬声器发出洪亮的声音。

语音集成电路采用了 KD15 系列的软封装集成电路。使用中应使接收器远离较大的金属物体，以免影响遥控灵敏度。

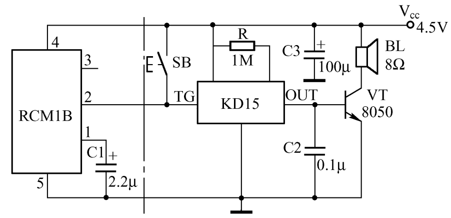


图 3-6　语音遥控门铃电路

3-7　数字编码遥控电路

如图 3-7 所示为数字编码遥控电路，当电路接通电源后，数字编码集成电路 MC145026 的串行编码送至 T630 数据输入端的 3 脚，由 T630 发射出去。接收电路中，T631 将 T630 发射的信号接收回来，经解调、整形后以串行码形式送往数字译码器 MC145027 进行译码。如果要增大遥控距离，可分别提高 T630/T631 的工作电压，或者连接天线。

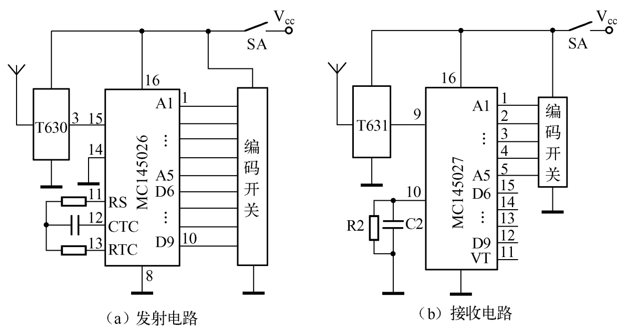


图 3-7　数字编码遥控电路

第 4 章

电子节能电路

4-1　插卡节电电路

为了节约用电，使用一个插卡节电电路是十分必要的。当人进入房间时插入“卡片”，电源自动打开，离开房间时取出“卡片”，电源延时 40s 后自动切断，以防止忘记关闭电源而浪费能源。插卡节电电路如图 4-1 所示。

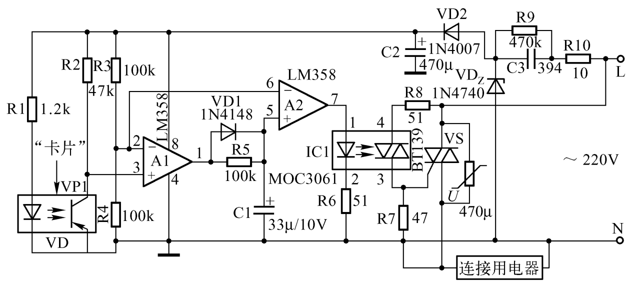


图 4-1　插卡节电电路

当无人住房时，VD 向光敏晶体管 VP1 传送红外线信号，使 VP1 导通。此时，电压比较器 A1 同相输入端的 3 脚为低电平，而其反相输入端的 2 脚为中点电压，故输出端的 1 脚也是低电平。由于后级电压比较器 A2 的反相输入端的 6 脚也是中点电压，而同相输入端的 7 脚也为低电平。对后面的输出级交流通路无作用。若客人进入房间插入“卡片”，红外线信号被阻断，致使光敏晶体管 VP1 截止。电压比较器 A1 同相输入端的 3 脚电压上升，即输入电压大于反相输入端的 2 脚的中点电压。工作状态刚好与上述相反：A1 的输出端 1 脚为高电平，A2 的输出端 7 脚也为高电平，于是光耦合器 IC1 的 1、2 脚上的发光二极管导通，触发双向晶闸管导通，市电自动接通，室内的家用电器可正常工作。

客人离开房间时取出“卡片”，电路又恢复至初始状态，但由于电压比较器 A1 的输出使光敏晶体管 VP1 连接 RC 延时电路。此时，电容器 C1 上的电荷必须经过电阻 R5 放电，大约经过 30s 才低于中点电压，电路才开始动作，即 A1 和 A2 的输出端均为低电平，家用电器上的市电便自动关断。

4-2　多点控制走廊灯节电电路

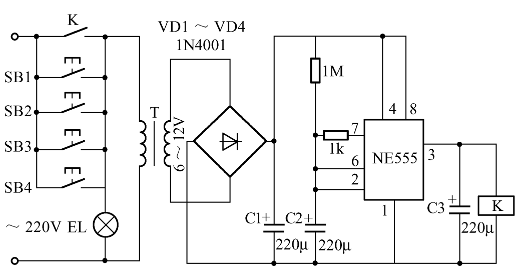


图 4-2　多点控制走廊灯节电电路

如图 4-2 所示为多点控制走廊灯节电电路，控制按钮开关 SB1～SB4 可安装在走廊的不同位置，只要按动 SB1～SB4 中的任意一只按钮，照明灯 EL 马上点亮，同时经变压器降压、整流滤波，给 NE555 集成电路供电。NE555 集成电路的 2 脚和 6 脚所连接 220μF 电容器上初始电压为零，于是 NE555 集成电路的 3 脚输出高电平，继电器 K 吸合，使常开触点 K 闭合，整个电路进入定时自锁状态。此后电源对 NE555 集成电路的 2 脚和 6 脚上的电容器充电，电压上升。当电容器充电约 2/3 直流电源电压时为定时时间，约需 3min，此时 NE555 集成电路的 3 脚输出翻转为低电平，于是 K 释放，触点开关 K 自动断开，电灯 HL 熄灭。只需再按动 SB1～SB4 中任意一只按钮，又会重新定时，开启电灯。

4–3　简易自锁开关节能电路

如图 4–3 所示为简易自锁开关节能电路，在未按下 SB 时，VT1 不导通，继电器 K 不动作，相当于“断开”状态。按一下 SB 时，12V 电压经 R1、SB、VD1 为 VS1 提供触发电流使其导通，继电器 K 得电，触点接通负载工作。由于电容器两端电压不能突变，因而 VS2 在按下 SB 时不导通，电流经 R3、VD2 向电容器 C 充电。再次按下 SB 时，电容器 C 上的电压作为 VS2 的触发电压，使 VS2 在 SB 闭合时导通，VS1 的阳极电压降低，VS1 截止，K 释放。电容器 C 通过 R2、VS2 的门极、阴极进行放电，电路恢复到原来状态，从而实现自锁功能。

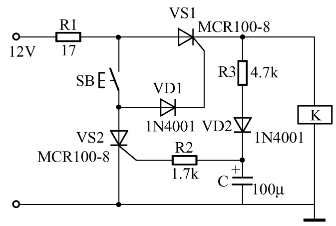


图 4–3　简易自锁开关节能电路

4–4　光控淋浴节水电路

如图 4–4 所示为光控淋浴节水电路，当淋浴者站在喷头下时喷头喷水，而喷头下无淋浴者时喷头不喷水，从而达到显著的节水目的。

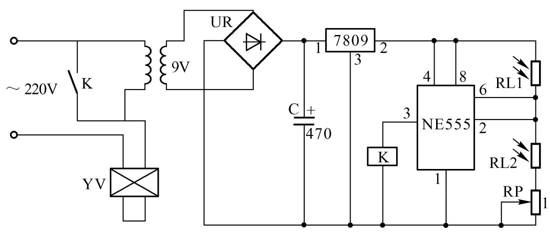


图 4–4　光控淋浴节水电路

图 4–4 中，由串联的两个光敏电阻 RL1 和 RL2、RP 和 NE555 组成施密特触发器。当有光照时，光敏电阻阻值小，NE555 的 2 脚和 6 脚为高电平，3 脚输出低电平，继电器 K 不通电，触点不吸合，电磁阀 YV 也不吸合，不供水。当无光照时，光敏电阻的阻值变大，触发器翻转，NE555 的 3 脚输出高电平，继电器 K 吸合，使电磁阀得电，阀体打开，从喷头中流出水来。

4–5　汽车电子节油电路

燃油器将汽缸体内燃烧室的压力变化转变为电变化，此电变化的表现形式为一个锯齿脉冲合成波。锯齿部分反映进气到压缩终了的压力变化，脉冲部分反映点燃后的压力变化，将锯齿波的顶部切割出来，作为点火控制信号。以此信号触发晶闸管 VS3。晶闸管在此代替了原点火的点火开关（一对白金触点）。晶闸管无触点开关，具有寿命长、开关速度快、成本低等优点。

该脉冲在压缩行程结束时，燃烧室内压力最大（点火前）。点火后的高压脉冲由电子电路中的限波器吸收。

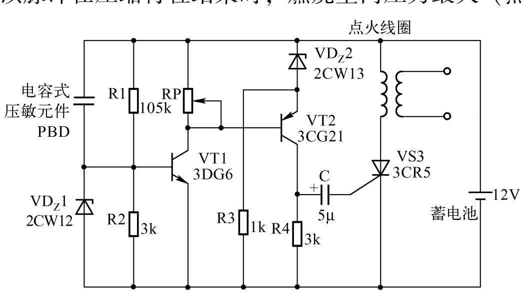


图 4–5　汽车电子节油电路

如图 4–5 所示为汽车电子节油电路，燃烧室压力变化由电容式压敏元件测得并转化为电信号，此压力电信号经 VT1、VT2 线性放大，VD_Z1 为限幅稳压二极管，R1、R2 为 VT1 偏流分压电阻，电位器 RP 为 VT1 负载电位器，而且也控制着 VT2 的直流工作点。改变 RP 的值可将锯齿波的顶部切割出来，将此信号经 VT2 放大后作为同步脉冲触发晶闸管无触点开关的通断，R3 是稳压二极管 VD_Z2 的限流电阻，VD_Z2 在此起提高并稳定 VT2 发射极电位的作用，R4 是 VT2 负载电阻，5μF 的电解电容器起耦合作用。

4–6　光控窗帘节电电路

如图 4–6 所示为光控窗帘节电电路，每天早晨它能自动把窗帘拉开，晚上开灯时自动把窗帘拉上。

每天清晨，光线照射到太阳能电池上，产生一电动势，此电动势将使晶体管 VT1 导通，向电容器 C1 充电，随着电容器 C1 上电压不断上升，VT2 的发射极电流也逐步增加，此电流达到晶闸管门极触发电流时，晶闸管即

被触发导通，继电器 K 吸合，触点转换，直流电动机正向通电旋转，经减速器驱动窗帘缓缓移动到停止。

晚上夜幕来临，电路无光照，不工作，自动将窗帘拉上。

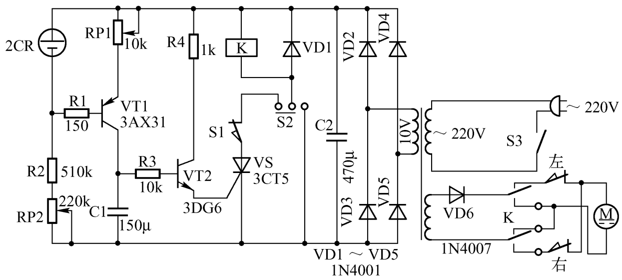


图 4-6　光控窗帘节电电路

4-7　光电控制电路

印刷厂在切纸时，往往把很厚的纸用手放入切纸机内，这时如误用脚踩动切纸开关，切刀就会自动切纸，极易造成工伤。利用光电控制使工人正在操作时切纸机停机，可避免事故的发生，如图 4-7 所示。

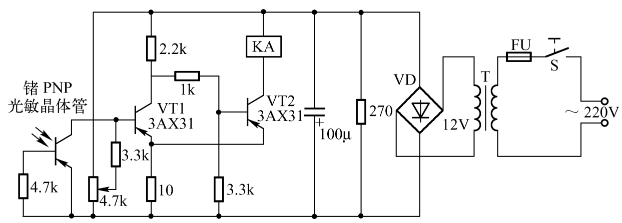


图 4-7　光电控制电路

电路中由 VT1、VT2 组成射极耦合双稳态触发电路，当切纸工人用手放纸时（在机器一边装有灯泡并向另一边照射，另一边装有光敏晶体管），手正好遮挡住灯泡照射的光线，使光敏晶体管呈高阻值，于是 VT1 导通、VT2 截止，继电器释放，因继电器的常开触点串入切纸机下刀操作的线圈回路，这时即使误踩切纸机下刀开关，也不会下刀，从而避免事故的发生。

4-8　卫生间节水电路

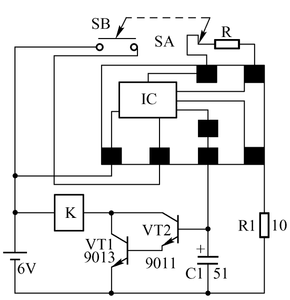


图 4-8　卫生间节水电路

如图 4-8 所示为卫生间节水电路。IC 为常见的音乐集成块，本装置还巧妙地利用了它的记忆功能。SB、SA 为自制压敏开关。有人踩在自制的踏板上时，SB 闭合，SA 断开。闭合时，音乐集成块 IC 被触发，由于集成块外接振荡电阻断开，IC 无信号输出，但 IC 记住了这一触发信号。当人离去时，踏板复原，SB 断开、SA 闭合。IC 输出信号。C1 滤波平滑使复合晶体管 VT1、VT2 导通，继电器 K 常开触点闭合接通，电磁铁或电磁阀打开，水阀自动冲洗，当 IC 延时结束，电路又自动关闭水阀。

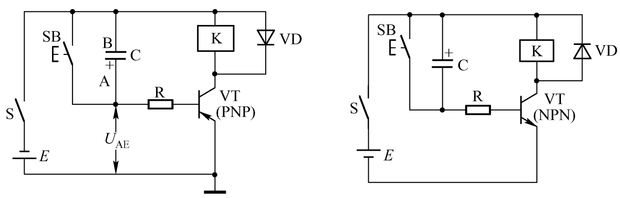
VT1 采用 9013 型晶体管，VT2 采用 9011 型晶体管，均要求 $\beta>60°$，K 采用 JRX－13F 继电器。电源用 6V 电池，也可改用交流稳压电源。

第 5 章

电子开关定时电路

5–1　单管延时释放继电器电路

如图 5–1 所示为单管延时释放继电器电路，电阻 R、晶体管 VT 的射基极电阻（指晶体管的发射极与基极之间电阻）和电容器 C 等，构成了一个 RC 延迟电路。当按下按钮 SB 时，VT 获得正向偏置电压而导通，继电器 K 吸合；当松手后，SB 自动断开，但 K 并不立即释放，而是要延时一段时间才释放，因此称为延时释放继电器。



（a）PNP 管延时释放电路　　（b）NPN 管延时释放电路

图 5–1　单管延时释放继电器电路

在图 5–1 中的继电器 K 线圈两端并联着二极管 VD，此元器件为续流二极管。这是因为继电器线圈具有电感，在 VT 从导通到截止的瞬间，线圈中的电流由于没有其他通路，势必跟着一同截止。这样的电流突变使 K 的线圈上产生反电动势。线圈匝数越多，电感量越大，电流变化越大，VT 导通到截止的时间越短，反电动势也就越大。这个反电动势有使晶体管遭受损坏（击穿）的危险。并联 VD 的作用，就是在晶体管截止后，为继电器线圈中反电动势提供一条通路，从而避免了线圈上产生的感应电势损坏晶体管 VT。

5–2　单管延时吸合继电器电路

如图 5–2 所示为单管延时吸合继电器电路，当按钮开关 SB 按下（接通）时，电容器 C 被短路，$U_C = 0$，晶体管 VT 截止，继电器 K 释放；松开手，SB 自动恢复断路状态，电容器 C 充电，U_C 由零逐渐增大。经过一定时间后，$U_C = -U_P$（门限电压），晶体管 VT 导通到足以使继电器 K 吸合。

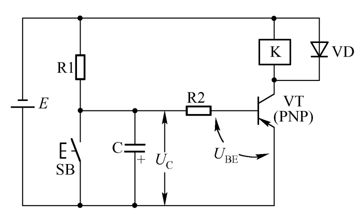


图 5–2　单管延时吸合继电器电路

当 SB 接通后，继电器 K 释放；当 SB 断开后，经过时间继电器延时后才吸合，所以称这种电路为延时吸合继电器电路。

（1）继电器 K 可选用 JRX13F，其内阻为 700Ω（或 300Ω），额定工作电压为 18V（或 12V），吸合电流不大，为 13mA（或 40mA）。

（2）电源电压 $E = 18\text{V}$（或 $E = 12\text{V}$）。

（3）续流二极管 VD 用 2CP10（或 1N4001）。

（4）VT 用 3AX31B（或用 NPN 型 3DG12），其 $U_{CEO} = 20\text{V}$，$I_{CM} = 125\text{mA}$，$\beta = 100$。

5–3　普通晶闸管单线控制电路

如图 5–3 所示为普通晶闸管单线控制电路，电路中将普通晶闸管（两个）的门极通过继电器触点 K（或开关触点 S）连接起来，当触点 K 闭合时，由晶闸管组成的交流开关通路，负载 RL 中有电流通过；而在 K 断开时，电路则断电。

这种电路很简单，由于它是依靠门限电路的反向漏电流去触发另一个晶闸管的，为了保证晶闸管交流开关能正常工作，必须选用触发功率小、开关时间短且特性一致的晶闸管，需要有较高的阻极电压才能触发，有可能出现交流开关开通不足的情况。此外，当一只晶闸管尚未被触发导通时，几乎全部电源电压都反向地加在另一晶闸管的门极与阴极之间，而且门极所能承受的反向峰值电压是很低的，一般规定不超过 5V。

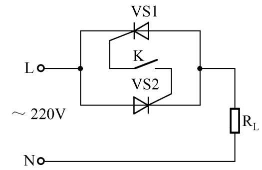


图 5-3　普通晶闸管单线控制电路

5-4　双向晶闸管单相控制电路

双向晶闸管相当于两只普通晶闸管反向并联，引出三个电极，分别是第一极 T1、第二极 T2 和门极 G。它工作在交流电路中时，无论正半周还是负半周电压均可作为可控导通，从而很方便地进行交流调压或作为交流无触点开关。

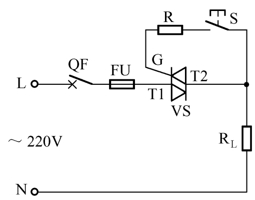


图 5-4　双向晶闸管单相控制电路

如图 5-4 所示为双向晶闸管单相控制电路。R_L 为电路的负载，它可以是电灯，也可以是电感、电动机或家用电器等。双向晶闸管 VS 的门极通过限流电阻 R，由交流电源获得触发信号。当把手动开关 S 按下时，由于主电路和门极触发信号用同一电源，所以主电路在双向晶闸管上加正、反电压的同时，门极 G 上也有正、反向的交流信号进行触发，以维持主电路的导通。当断开手动开关 S 时，门极电流为零，主电路交流电压过零点时，VS 自行关闭。

根据以上特点，手动开关 S 可以采用继电器、行程开关、微动开关、电子触发器等代替，以实现各种不同用途的自动控制。

5-5　双向晶闸管控制三相电动机电路

如图 5-5 所示为双向晶闸管控制三相电动机的典型电路，电路中，K 为继电器的三个常开触点，K 也可以用开关替代。

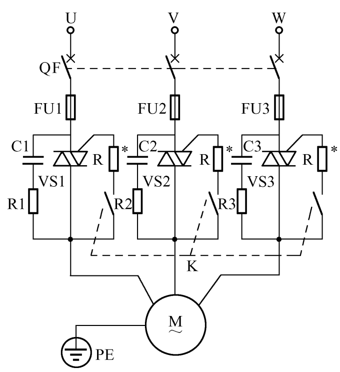


图 5-5　双向晶闸管控制三相电动机的典型电路

5-6　双向晶闸管无级调光、调速电路

如图 5-6 所示为双向晶闸管无级调光、调速电路，它既可用于电灯泡的无级调光，也可用于电风扇的无级调速，R1、RP、C、R2 和双向触发二极管（简称双向触发管）VD 共同组成移相触发电路。在交流电压的某半周，220V 交流电源经 RP、R1 向 C 充电，电容器 C 两端电压上升。当 C 两端电压升高到大于双向触发二极管 VD 的阻断值时，VD 和双向晶闸管 VS 才相继导通，然后，VS 在交流电压零点时阻断。VS 的触发延迟角由 RP、R1、R2、C 的乘积决定，调节电位器 RP，便可改变 VS 的触发延迟角，从而改变负载电流的调光、调速电路大小，即改变灯泡 EL（或风扇）两端的电压，起到无级调光（调速）的作用。

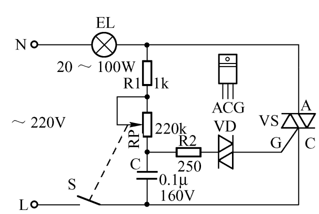


图 5-6　双向晶闸管无级调光、调速电路

5-7　交流电子继电器电路

晶体管集电极电源不能直接使用交流电，当需要控制交流电路时，则可采用如图 5-7 所示的交流电子继电器电路，电路的负载是继电器 K（也可以是其他元器件），电源是交流的，通过桥式整流电路 UR 变为直流电加到晶体管 VT 上。集电极为负，发射极为正，对于 PNP 型晶体管而言，这种极性的电源是正常的工作电压，如图5-7（a）所示；集电极负、发射极正，对于 NPN 型晶体管而言，则是正常的工作电源，如图5-7（b）所示。

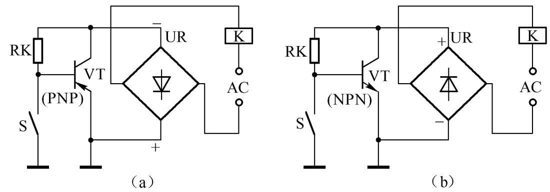


图 5-7　交流电子继电器电路

由于 VT 所控制的不是直流电而是脉动直流电，因而 VT 所能控制的额定电压、电流要考虑脉动的峰值。图中的“AC”为交流电源，通常是 6～24V 的，根据负载的额定电压而定，RK 阻值可调试确定。

5-8　接近开关电路

如图 5-8 所示为接近开关电路，接近开关可用于防盗报警、自动报信、自动保护等。它工作稳定、不易受干扰而引起误动作。

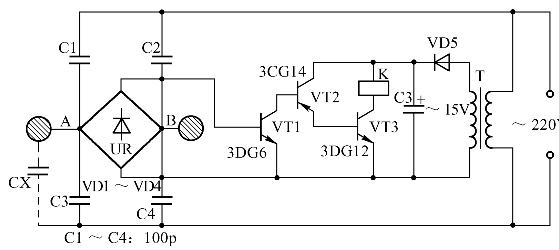


图 5-8　接近开关电路

电容器 C1～C4 组成桥式检测电路，并接入 220V 交流电中，由于四个桥臂的电容器值相等，所以 A、B 两点对地电位保持平衡，VD1～VD4 组成的二极管桥式整流器没有电信号输出。当人体接近金属片 A 或 B 时，人体与它们之间形成的电容器 CX 被并联到电容式桥臂上，使之失去平衡，整流器有交流输入，则输出一个直流信号。此信号电流注入晶体管 VT1 的基极，经 VT2、VT3 放大后，带动继电器 K 动作。利用此继电器的触点控制需要控制的电路，达到接近开关的目的。

5-9　触摸开关电路

如图 5-9 所示为触摸开关电路，平时继电器 K 处于失电释放状态。当有人用手触及“开”极，人体感应信号经晶体管 VT1～VT3 放大，推动继电器吸合，其触点 K 动合为 VT2 基极提供正向偏置电流，使继电器 K 自锁。

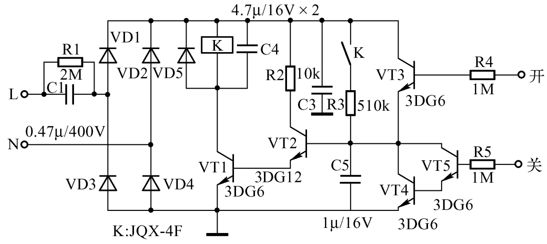


图 5-9　触摸开关电路

关断时只需用手触及“关”极，人体感应信号经 VT4、VT5 放大，将 VT2 基极接地，K 失电释放，电路又返回关态。

5-10　电子双联开关电路

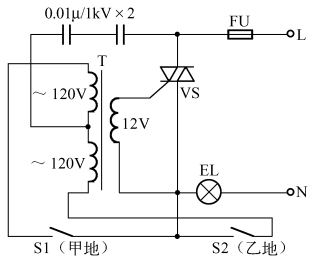


图 5-10　电子双联开关电路

如图 5-10 所示为电子双联开关电路，这种电路是用双向晶闸管实现的，电路中 S1、S2 为安装在甲、乙两地的开关（拉线开关或墙壁暗开关等），用两根导线布线（变压器 T、双向晶闸管 VS、熔断器 FU、灯泡 HL 可视情况安装在两地正中）。

当 S1、S2 全断开时，T 无电流通过，VS 阻断，灯泡 EL 不亮。一旦合上 S1（或 S2），便有电流通过电容器，在变压器的二次侧得电，此电压触发 VS 导通，灯泡 EL 亮。但在两只开关都合上时，变压器中的净磁通为零，VS 又阻断，灯泡 EL 又会熄灭。

在 S1、S2 都合上时，虽然灯泡 EL 不亮，但约有 4mA 左右的电流通过灯泡，所以在使用、维修中要注意安全。

5-11　晶闸管时间继电器电路

如图 5-11 所示为由晶闸管组成的时间继电器电路，当合上开关 S 后，直流电源 E 加入，晶闸管 VS 通过继电器 K 的线圈及电阻 R1 得到正电压（$+E$）。与此同时 $+E$ 又通过 R3、RP2 对电容器 C2 充电。当 C2 两端电压达到双基极单结晶体管的峰点电压 U_P 时，双基极单结晶体管的 E－B1 间电阻突然变小，C2 上电压通过 B1 向 R2 放电，在 R3 上产生脉冲，加于 VS 的控制极 G 上，使 VS 导通。于是继电器 K 线圈得电而动作，使 K 的输出触点闭合或断开（图中未画），借以控制其他电器或接触器，以达到延时控制的目的。

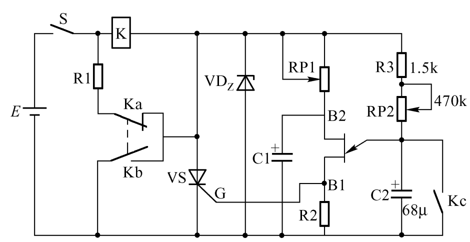


图 5-11　晶闸管时间继电器电路

延时是指从电源合上到继电器 K 动作这一段时间。继电器动作后，其触点 Kb 闭合，K 自锁。Kc 给电容器 C2 放电，为下次延时做好准备。晶闸管 VS 的阳极由于 Kb 动作而自动关断。要使下次动作，必须关断开关 S，否则继电器一直吸合不断开。

延时长短由 R3、RP2 和 C2 确定，按图上所列数值计算，延时时间可达 60s。

5-12　晶体管接近开关电路

如图 5-12 所示为晶体管接近开关电路，当有金属片靠近振荡器振荡线圈时，金属片内感产生涡流，由于涡流有去磁作用，削弱了两线圈之间的耦合，破坏了幅度平衡条件而停止振荡，金属片离开时，振荡又恢复。利用“振荡”－“停振”－“振荡”，配合控制电路、射极跟随器输出，以及执行电路（未画），便组成了接近开关电路。

图 5-12 中，LC 振荡器是共发射极变压反馈振荡电路。其线圈结构如图 5-12（b）所示，原理如图 5-12（a）所示。L1 加到 VT1 输入端的反馈信号是用来维持振荡的，反馈的大小与 L1、L2 之间的耦合程度有关，当金属片逐渐接近线圈时，L1、L2 之间的耦合逐渐被削弱，反馈信号也逐渐减小，当金属片接近到某一位置时，反馈减小到不足以维持振荡时，电路便停止振荡；而当金属片远离这个位置时，反馈又加强，振荡又恢复。这就是接近开关的“振荡”与“停振”的工作原理。

振荡线圈 L1、L2、L3 绕在同一个磁芯上，L1 用 ϕ0. 17mm 的漆包线绕 2 匝，放在上层；L2 用同样的漆包线绕 100 匝，放在第二层；在 L2 的外层再绕 20 匝作为 L3 。磁芯用 MX100，长 18mm。振荡频率为 150kHz 左右。

当振荡器振荡时，L3 感应一个高频电压，经 VD 整流后在 VT2 基极获得负电压，促使 VT2 饱和、VT3 截

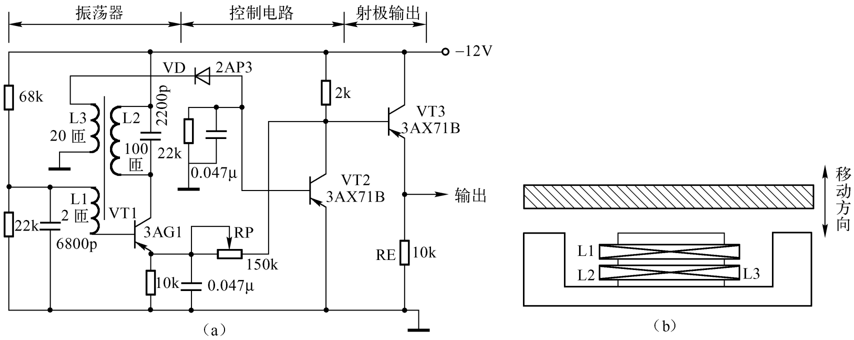


图 5-12　晶体管接近开关电路

止。当金属片靠近 L1 时，电路停振，L3 无高频电压，VT2 截止、VT3 饱和，在其射极电阻 RE 上就有接近 −12V 的电压输出。这种输出可以带动继电器或电磁线圈，再控制其他需要控制的电器，也可以触发晶闸管。

RP 采用 150kΩ 电位器，在这里促使振荡器启振迅速、停振干脆。

接近开关电路具有寿命长、反应迅速、定位精确的优点，应用于机床限位、传动装置和快速自动计数等电路中。

5-13　保护开关电路

如图 5-13 所示为保护开关电路，保护开关是一种电容器反馈振荡电路组成的振荡开关。电路中，电容器 C2 与 CX 串联组成回路电容器，反馈信号通过隔直流电容器 C1 加到 VT1 的基极，发射极通过旁路电容器 C2 高频接地，形成了共发射极电容反馈振荡电路。开关是通过 CX 变化起作用的，因为 CX 直接关系到反馈的大小，如果由于 CX 的变化，反馈减小到不足以维持振荡，电路就会立即停振。在晶体管 VT1 维持振荡时，调节到使串联在 VT2 集电极电路内的继电器 K 吸合，那么停振时，K 应立即释放。

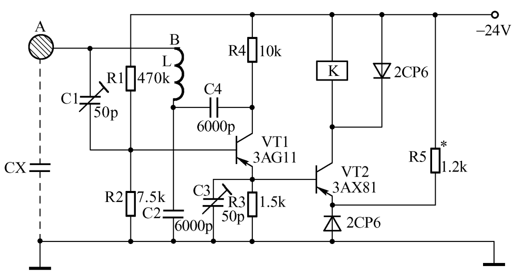


图 5-13　保护开关电路

电路可利用人体对地的分布电容器 CX，可以做成某种保护开关。只要在 A 端接一块金属板或一根导线，那么当人体靠近它时，人体与金属板便形成了一个电容器，相当于图示 CX ，使 CX 发生变化，继电器就可动作。

第 6 章

电子报警电路

6-1　便携式酒精检测报警器电路

如图 6-1 所示为便携式酒精检测报警器电路，当检测到酒精气味时，会立即发出“酒后别开车”的语音报警声。当未检测到酒精气味时，则会发出“祝您一路平安”的语音。

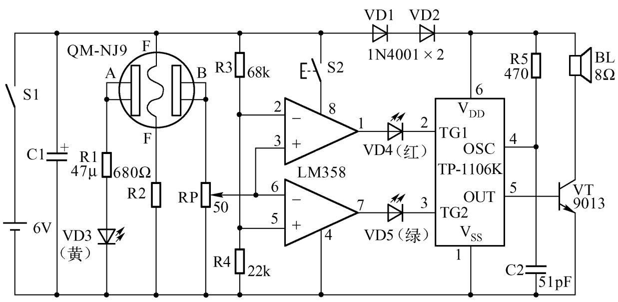


图 6-1　便携式酒精检测报警器电路

图 6-1 中的 QM-NJ9 是气敏传感器，QM-NJ9 接触到酒精气味后，A、B 间的电阻值减小，B 点的电压升高，酒味越浓，B 点电压越高。此信号电压经灵敏度调节电位器 RP 滑动臂输出，加至双电压比较器 LM358 的 3 脚和 6 脚。而比较器的 2 脚和 5 脚的参考电压分别由 R3 和 R4 分压决定，即 2、5 脚的电压固定为$V_5 = V_{CC}R_4/(R_3+R_4) \approx 1.47V$。LM358 中的两个比较器输入端反相连接，根据电压比较器的原理可知，若 3、6 脚上的信号电压小于 2、5 脚设定的 1.47V 电压，上比较器的 1 脚输出低电平，VD4 截止不亮。而下比较器的 7 脚则输出高电平，VD5（绿色）正偏发光，同时触发语音电路 TP-1106K 的 3 脚 TG2 端，扬声器 BL 发出“祝您一路平安”的语音，表示驾驶员未饮酒。反之，若第 3、6 脚上的信号电压高于 1.47V，则下比较器的 7 脚输出低电平，VD5 截止不亮，而上比较器的 1 脚输出高电平，VD4（红色）发光，并触发 TP-1106K 的 2 脚 TG1 端，扬声器 BL 发出“酒后别开车”的警告，表示驾驶员饮酒超过标准，应强制其停止开车。R2 是 QM-NJ9 的灯丝 F-F 的限流电阻，使灯丝两端加热电压稳定在 5V±0.2V，这样可保证气敏传感器具有较高的灵敏度和稳定度。由于工作前气敏传感器需预热 5～10min，待其稳定后才能进行检测，而任何时候两比较器都有一个输出高电平，为防止误触发语音电路，所以设置了一个手动开关 S2，检测时只需按一下 S2，随即松手即可。VD1、VD2 是降压二极管，以保证 TP-1106K 有合适的电源电压（2.5～4.5V），定时元件 R5、C2 可调整语音电路的工作频率，从而改变发声音调。

QM-NJ9 型气敏传感器中电压比较器 LM358 也可选用四电压比较器 LM324、LM339 中的两个比较器代替。BL 选用 8Ω/1W 的扬声器。电源用四节 1.5V 电池。其他元器件无特殊要求，按图标数据选用即可。

6-2　迷惑性防盗报警器电路

如图 6-2 所示为迷惑性防盗报警器电路，当电话处于挂机状态时，电话电路 L1、L2 之间有 45～60V 的电压，由于电容器 C1、C2 的作用，不能触发由集成电路 IC1 等元器件组成的延时电路。当电话打进来时，L1、L2 传来的振铃声信号呈交变状态，经电容器 C1、C2 耦合，二极管 VD1、VD2 倍压整流，电容器 C3 滤波后形成一正向直流电压加至三极管 VT1 的基极，导致 VT1 饱和导通。此时 IC1 的 2 脚由高电平变为低电平，3 脚由低电平变为高电平，使继电器 K1 吸合，其常开触点接通，插在电源插座 CZ 中的收音机或录音机就可以播放电台播音节目或磁带内容。天黑时，光敏三极管 VT2 呈高阻，通过集成电路 IC2 的作用，继电器 K2 吸合，其常开触点

也接通，电灯 EL 亮。IC1 被触发后，电源通过电阻 R2 向电容器 C5 充电，当 C5 两端的电压上升到 2/3 电源电压时，IC1 便复位，其输出端的 3 脚又变为低电平，收音机或录音机和电灯同时关闭。当电话再次打入时，便会重复上述过程。

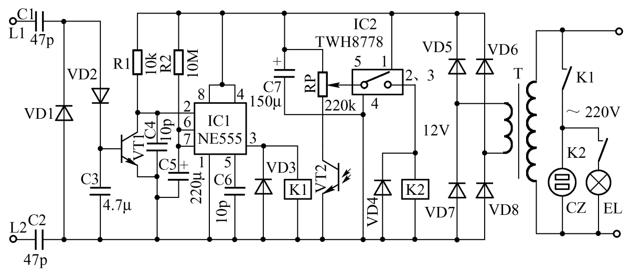


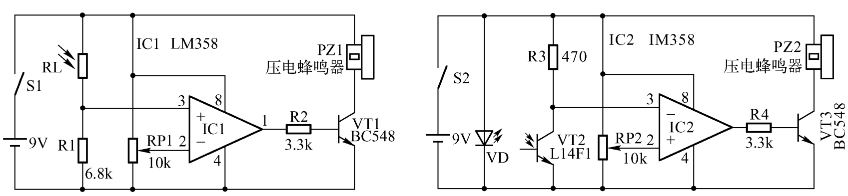
图 6-2 迷惑性防盗报警器电路

IC1 可用 NE555、LM555 的时基集成电路。IC2 选用 TWH8778 集成电路。VT1 选用 9013、8050 的 NPN 型三极管。VT2 选用 3DU31－33 型光敏三极管。VD1、VD2 选用 1N4001 型二极管，VD3、VD4 选用 1N4004 型二极管，VD5～VD8 选用 1N4007 型二极管。继电器 K1、K2 均为 JRX－13F 型，其线圈工作电压为 9V。T 选用 8W、220V/9V 电源变压器。对其他阻容元件无特殊要求，按图标数据选用即可。

6-3 两种防盗报警器电路

如图 6-3 所示为两种防盗报警器电路，图 6-3（a）为光敏电阻控制的防盗报警器电路。光敏电阻 RL 的阻值随着光线强度而改变。当 RL 处于黑暗中时，其阻值很高（以兆欧计）；当 RL 处于正常光线中时，电阻可小至几千欧。比较器 IC1（LM358）的 3 脚电压值随 RL 受照射的光强弱而改变。第 2 脚上的基准电压可用电位器 RP1 调节。IC1 的输出经驱动三极管 VT1 连接至蜂鸣器 PZ1，电阻 R2 用来限制 VT1 的电流。当 RL 受光线照射时，IC1 的输出变高，PZ1 发出警报。

如图 6-3（b）所示为红外线发光二极管 VD 和光电晶体管联合控制的防盗报警器电路。红外线发光二极管 VD 发射出红外光束，由光电晶体管检测。当红外光束落到光电晶体管 VT2 上时，IC2 的输出变低，蜂鸣器 PZ2 不发声；但红外光束一旦被中断，IC2 的输出就变高，PZ2 立即发声，直至拉断电源或挡住红外光束的障碍被消除为止。



（a）光敏电阻控制　　（b）红外线发光二极管和光电晶体管联合控制

图 6-3 两种防盗报警器电路

6-4 紧急救援报警器电路

如图 6-4 所示为紧急救援报警器电路，只要按下开关就能立即发出报警声。报警声持续 3min，然后渐渐消退。当按下开关 S 时，电容器 C1 充电至全电池电压，为 VT1 提供基极电流，基极电压随之上升，VT1 开始导通。VT1 是一只射极跟随器，它为 C2 提供电荷。当 C2 两端电压上升时，VT2 导通。这时 VT2 集电极电压降至零，使 PNP 三极管 VT3 导通。VT3 导通后，稳压二极管 VD_Z 使其两端电压稳定为 3.3V，为 IC 供电。C3 用来维持 VD_Z 的击穿电压。IC 是有内部振荡器的报警声发生器芯片，当它从 VT3 获得电源供电后，只要接上 R6 就产生振荡。脉冲从 3 脚输出，再经 VT4 放大后由扬声器 BL 发出报警声。由于电容器 C1 放电缓慢，VT1 基极电流减小直至停止导通需要一定时间。即使 VT1 已停止导通，但 VT2 由于 C2 上的电荷仍能导通一定的时间。随着 C2 上的电荷渐渐消失，VT2 截止，使 VT3 基极为正电位，于是 VT3 立即截止，IC 的供电撤除，报警声停止。这一过程大约能维持 3min。一节 9V 电池就能维持对电路的长期供电。

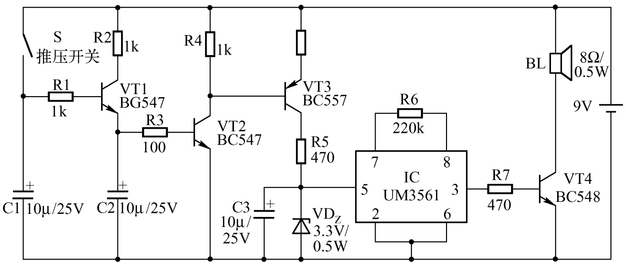


图6-4　紧急救援报警器电路

6-5　物品携带提示器电路

如图6-5所示为物品携带提示器电路。它能在开门时自动发出“请带好你们的物品”等提示语，能有效地防止贵重物品丢失，虚线左侧电路是为了便于说明原理而绘出的汽车原有门控自动照明灯电路。

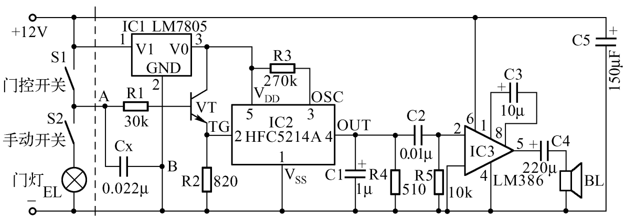


图6-5　物品携带提示器电路

IC1为常用集成电路稳压块，它为语音发生电路提供5V工作电压。R3为IC2外接振荡电阻。IC2、IC3及外围电阻R4、R5，电容器C1～C5组成语音放大电路。平时，车门在关闭时，门控开关S1处于常开状态，三极管VT无偏流而截止，语音集成电路IC2的触发端TG无正脉冲触发信号不工作，IC3无电信号放大，扬声器BL无声。当有乘客上下车时，随着车门打开，门控开关S1变为常闭状态，VT通过限流电阻R1获得偏流而导通。IC2的TG端获得正脉冲触发信号，IC2的内部电路工作，其OUT端输出内部存储的IC2语音电信号，送至IC3的2脚将语音电信号进一步放大后，驱动扬声器发出响亮的声音“请带好你们的物品”，直到车门关好为止。

IC1选用LM7805型（1.5A/5V），IC2选用HFC5214A型语音提示专用集成电路芯片，IC3音频功率放大集成块选用LM386型。VT选用9013型硅NPN三极管，要求放大倍数为65倍以上。R1～R5均选用RTX型0.125W碳膜电阻。C1～C5选用CD11型16V电解电容器。BL选用8Ω/2W大口径动圈式扬声器。

6-6　火灾报警电路

如图6-6所示为火灾报警电路，该火灾报警器电路由烟雾检测电路、控制电路和音响报警电路组成。

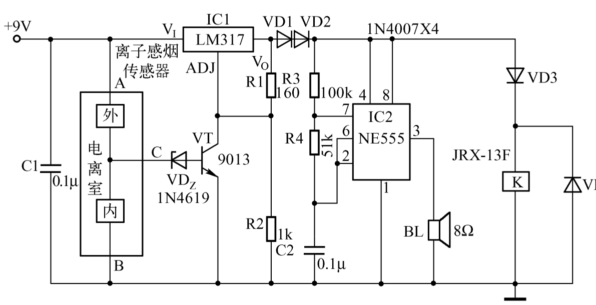


图6-6　火灾报警电路

烟雾检测电路采用三端离子感烟传感器，在正常情况下，传感器的C端输出电压为5～5.6V，VD_Z击穿导通，使VT饱和导通，IC1的调整端（ADJ端）与地呈低阻状态，其输出端电压较低，不足以使IC2和K

工作。

当发生火灾、传感器检测到烟雾时，其 C 端电压将降至 1.1～1.2V，使 VD_Z 和 VT 截止，IC1 的调整端呈高阻状态，输出端电压较高，音响报警电路通电工作，扬声器 BL 发出音响报警声。同时，继电器 K 吸合，其常闭触点断开，将室内交流电源切断；其常开触点接通，使自动灭火装置工作。

6-7　患者呼叫报警电路

患者呼叫报警电路如图 6-7 所示。它由触发电路和振荡器组成，触发电路由电阻器 R3、触发按钮 S1 和晶闸管 VS 组成。振荡器由时基集成电路 NE555、电阻器 R1 和 R2、电容器 C1 和 C2 及扬声器 BL 组成。

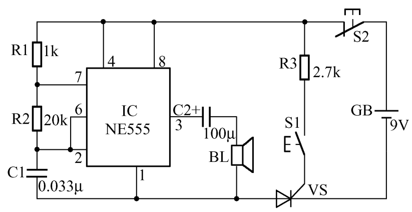


图 6-7　患者呼叫报警电路

患者呼救报警器安装在药盒上，冠心病患者随身携带使用。患者在冠心病突然发作时，只要按一下药盒（药盒上写着“请帮助我服用药盒内药丸”）上的按钮，该报警器就会发出音响报警信号，引起在场人们的注意，以便得到及时的救助。

S2 为常闭型电源开关，在药盒关闭时接通，打开药盒时 S2 断开。

在未按动触发按钮 S1 时，晶闸管 VS 处于截止状态，振荡器不工作，扬声器 BL 不发声。

当患者按动 S1 后，+9V 电压经 S2、R3 和 S1 加至 VS 的门极上，使 VS 受触发而导通，振荡器通电工作，从 IC 的 3 脚输出频率为 1kHz 左右的振荡信号，驱动扬声器 BL 发出刺耳的高频报警声。打开药盒后，S1 断开，VS 截止，振荡器断电，扬声器 BL 停止发声。

6-8　水位报警电路

如图 6-8 所示为水位报警电路，水位报警电路包括：由 FQ、IC1、VT1、K1 等主要元器件组成的水位检测、延时电路；由 SB、K2、BL 等组成的报警声响、自保持及消音电路。当水位较低时，浮球开关内部的干簧管断开。时基电路 NE555 的 2 脚和 6 脚由于 R1 的下拉电阻作用处于低电位，NE555 的输出端的 3 脚为高电位。VT1 的基极由于没有电流而截止，继电器 K1 不动作，常开触点 K1 断开，其后面的报警电路也不工作。

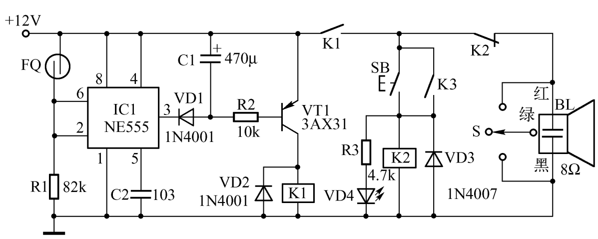


图 6-8　水位报警电路

当水位上升到最高限位时，浮球开关内部的干簧管闭合，NE555 的 2 脚和 6 脚为高电位，NE555 的输出端的 3 脚翻转为低电位，VT1 立即导通。与此同时，C1 迅速充电至电源电压。继电器 K1 吸合后，+12V 电压通过继电器 K2 的常闭触点给高响度报警器供电并报警。提醒操作人员及时关闭水阀，并按一下 SB 消音按钮，继电器 K2 吸合并自保，继电器 K2 的常闭触点断开，停止报警。此时发光二极管 VD4 点亮。

当水位下降后，浮球开关断开，NE555 的输出端的 3 脚又恢复到高电位，然而此时 C1 两端的电压通过 VD1、R2 缓慢放电。

按照图中的参数，大约 30s 放电完毕，继电器 K1 释放，同时继电器 K2 无电也释放，发光二极管 VD4 熄灭。

延时电路的作用就是防止水位在下降的过程中会存在一定的波动，无延时电路会使 K1 产生抖动（一吸一

放）致使报警器也断续报警，因此延时电路是很有必要的，30s 过后，水位将彻底低于浮球开关。

图 6-8 中的 VD2、VD3 是保护二极管，不可缺少，它可以吸收继电器释放时所产生的反电动势。

6-9　汽车防盗报警电路

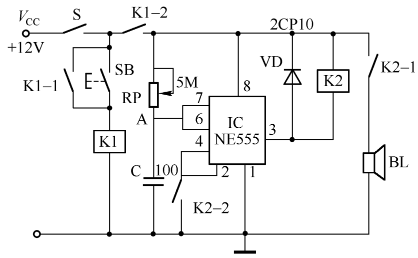


图 6-9　汽车防盗报警电路

如图 6-9 所示为汽车防盗报警电路，汽车门被撬开时会发出防盗报警声，并切断灯光和油路，使汽车无法启动。

NE555 时基集成电路作为延时振荡器。延时的作用是使报警器被触发后延迟 30～60s 才发声报警，这样，在主人开车门时有时间关断报警器。

当主人离开汽车后，车门被盗车者撬开时，按钮开关 SB 闭合，继电器 K1 得电而动作，常开触点 K1-1、K1-2 闭合，触点 K1-1 闭合使继电器自锁，触点 K1-2 闭合使主电路接通电源并开始工作。当 A 点电压升到大于等于 $2/3V_{CC}$ 时，NE555 时基集成电路输出端的 3 脚输出低电平，继电器 K2 动作，常开触点 K2-1 及 K2-2 闭合，使汽车扬声器长鸣，不停发出报警声，同时利用继电器 K2 的触点，还可以关闭汽车车灯及油路系统使汽车无法启动。

6-10　天然气检测报警电路

如图 6-10 所示为天然气检测报警电路，在正常情况下，QM-N5 型半导体气敏传感器 a、b 两端的电阻值较高，其中 b 点电压低于 1V，一旦接触到可燃性气体，该传感器的 a、b 两端的电阻迅速降低；b 点的电压升高，R1 两端电压随之上升。当该电压达到 A1 运放及 R3、R4、RP1 组成的迟滞比较器的上限电压时，A1 的 1 脚由低电平转为高电平。1 脚输出的高电平，一路经 R6 和 VD6 驱动晶体管 VT1 导通，使继电器 K 吸合，以便接通排风扇电源（调节 RP1 阻值的大小，可以改变 QM-N5 的灵敏度）；另一路则经 R7 使 IC3 的 4 脚变为高电平，由 R9、R10、C2～C4 及 IC3 等组成的多谐振荡器启振，驱动扬声器发出声音报警。

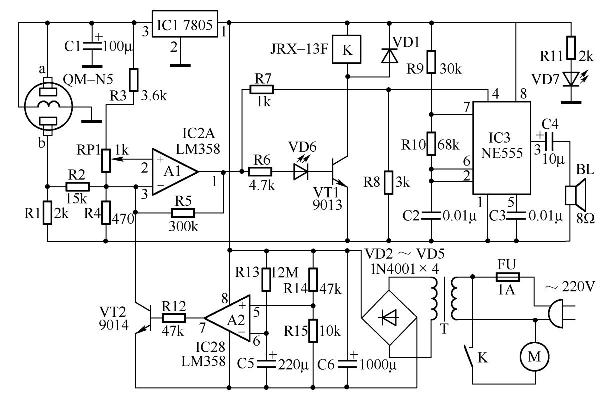


图 6-10　天然气检测报警电路

发光二极管 VD6 的闪光还兼作报警用。由于气敏元件在刚接通电源时，即使处在新鲜空气里，测量电极也会输出一定幅值的电压。

电路中用另一半 LM358 双运放 A2 组成延迟电路。在刚接通电源时，由于电容器 C5 两端电压不能突变，A2 的 6 脚为低电平。因此，比较器的输出端，即 A2 的 7 脚输出高电平，驱动晶体管 VT2 导通。将 A1 的 3 脚对地短路，此时报警电路不会产生误动作。当 C5 两端通过 R13 充电逐渐上升到 2/3 电源电压时，A2 的 6 脚电位上升，7 脚将输出低电平使 VT2 截止。这样就解除了对 A1 3 脚的封锁，为下一步正常监测报警做好准备工作。

6-11　多门监控报警电路

如图 6-11 所示为多门监控报警电路，这种开门告警指示电路可以同时监视三个大门，如果发现有人闯入，它能立即发出声、光警报提醒门卫保安人员注意。

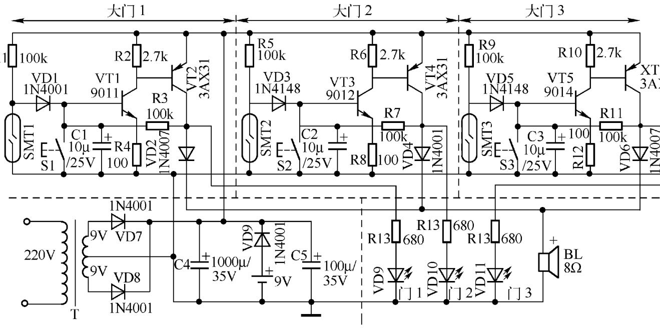


图 6-11　多门监控报警电路

多门监控报警电路中，只需将舌簧开关单元安装在每个被监视大门的门框上，并将三块磁铁分装在三个相应的大门上，使磁铁在大门关上时能与舌簧开关对准。除三个完全相同的大门监视电路外，还有一块独立的公共单元，它由电源供给、三只发光二极管 VD9～VD11 和一只蜂鸣器构成，并安放在户内便于监视和处理的地方。大门监视电路单元和公共单元之间用一根六芯编织电缆相连。

当大门关上时，舌簧开关触点被磁铁吸引而闭合，报警电路不工作，表示一切正常。如果大门 1 被人打开，晶体管 VT1 和 VT2 导通，蜂鸣器发出报警，同时 VD9 发光，表示大门 1 被人打开。由于二极管 VD1 和晶体管 VT1 和 VT2 的锁存作用，即使是门重新关上后也不会停止报警。

要停止报警，只有按下复位开关 S1 使大门监视电路单元 1 复位。其他两个大门监视电路单元也是同样独立工作，互不干扰。

为防止交流电停电，用 9V 电池保证不中断的供电。在三个大门同时被打开时，三只发光二极管 VD9～VD11 同时发光。

6-12　声控式防盗报警电路

如图 6-12 所示为声控式防盗报警电路，它是利用声音（脚步声和物体的振动声、撞击声等）作为触发信号的报警器，可用于果园、库房、菜园等场所的防盗报警。

BC 为音频传感器，用来检测盗情。在 BC 未检测到声音信号时，单稳态触发器电路处于稳态，IC1 的 3 脚输出低电平，多谐振荡器不振荡，扬声器不发声。当有窃贼走近 BC 的监控区行窃时，BC 将检测到的声音信号变换为电信号，此信号经 VT 放大后产生触发信号，使单稳态触发器电路受触发而翻转，由稳态变为暂稳态，IC1 的 3 脚由低电平变为高电平，多谐振荡器振荡工作，BL 发出报警声。

与此同时，C5 通过 IC1 的 7 脚内电路快速放电后，又经 R4 充电。当 C5 充电结束（约 2min）后，单稳态触发器电路翻转，恢复为稳态，IC1 的 3 脚由高电平变为低电平，多谐振荡器停振，BL 停止发声，报警器又进入警戒状态。调整 RP 的阻值可改变声控的灵敏度。

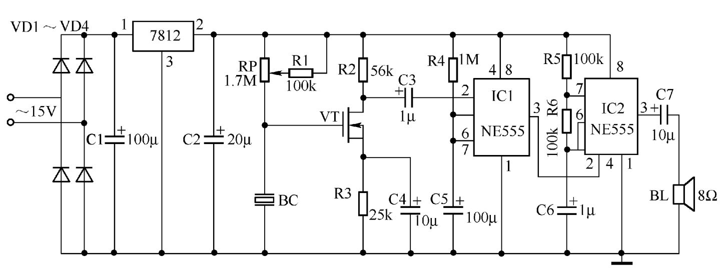


图 6-12　声控式防盗报警电路

6-13　婴儿尿床语音报警电路

如图 6-13 所示为婴儿尿床语音报警电路。平时婴儿未尿湿时，传感器没有信号，VT1、VT2 截止，IC1 的 PE 触发端不工作。这时把录音键按下，发光二极管 VD2 点亮。马上对传声器说话进行录音，时间为 8～20s。当

发光二极管 VD2 熄灭时把手松开，语音内容便已录进芯片内。

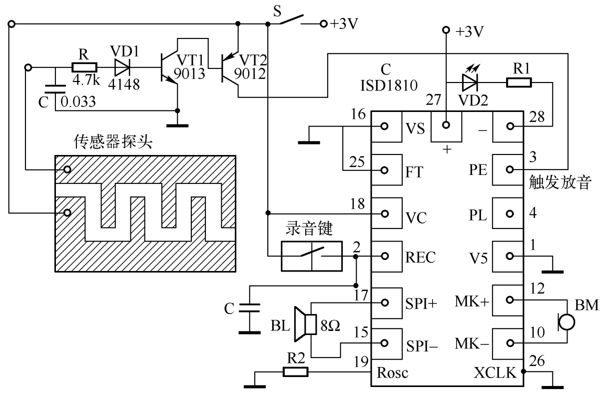


图 6-13　婴儿尿床语音报警电路

如果婴儿尿湿，尿液是导体，使传感器导通。+3V 电压经电阻 R、二极管 VD1、晶体管 VT1 和 VT2 组成的复合管放大，VT2 的集电极输出电压控制语音芯片的 PE 端，触发 ISD1810 内储存的内容。通过 SPI +、SPI - 输出给扬声器 BL 发声，提示人们给婴儿换尿布。

第 7 章

电子装饰、装修电路

7–1　建筑用水平测量电路

在建筑行业，水平测量仪是电工或其他装修工安装布线的工具之一，主要用于在电工安装布线时测量是否水平。打开该仪器开关，则发出水平的红光，监测所安装的布线是否水平。该仪器随身携带，体积小巧、灵活、方便。

如图 7–1 所示为建筑用水平测量电路，S1 和 S2 均为玻璃水银导电开关，它内部由一个短电极和一个长电极组成，并装有导电用的可移动水银球。图中为玻璃水银导电开关 S1 和 S2 在水平仪中的安装位置。

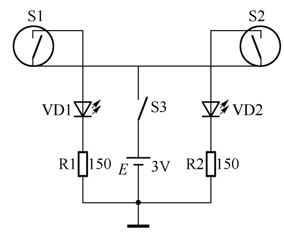


图 7–1　建筑用水平测量电路

当水平仪处于水平位置时，玻璃水银导电开关 S1 和 S2 内部的水银球均把相应的短电极与长电极接通，因而使两个发光二极管 VD1、VD2 同时通电发光。当水平仪向着玻璃水银导电开关 Sl 一方倾斜时，其玻璃管内的水银球便位移到左端而脱离短电极，使 Sl 断开，VD1 熄灭；但此时 VD2 仍发光，表示此端偏高。同理，当水平仪向着玻璃水银导电开关 S2 一方倾斜时，S2 断开，VD2 熄灭，但 VD1 仍发光，表示此端偏高。

电路中，R1、R2 分别为 VD1 和 VD2 的限流电阻器，其阻值大小影响着对应的发光二极管的发光亮度。S3 为电源开关。

S1、S2 选用 KG – 102 型玻璃水银导电开关。VD1、VD2 宜用红色高亮度发光二极管。R1、R2 均用 RTX. 1/8W 型碳膜电阻器。S3 用小型拨动开关。

E 可用两节 7 号或 5 号干电池串联。

整个水平仪电路全部安装在一个尺寸约为 250mm × 30mm × 25mm 的长条形木盒或塑料盒内。在盒上盖的中间位置开孔固定电源开关 S3，两头位置分别为发光二极管 VD1、VD2 开出安装孔。盒内部的中间位置固定安装电池 E，两端分别水平安放玻璃水银导电开关 S1 和 S2（要求保持在同一水平线上）等。

7–2　运输升降机超速控制电路

如图 7–2 所示为运输升降机超速控制电路，它能防止因电动机正、反转超速运行给设备造成事故，有较强的实用性。

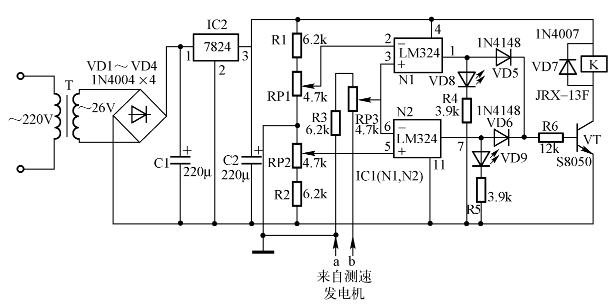


图 7–2　运输升降机超速控制电路

交流 220V 电压经 T 降压、VD1～VD4 整流、C1 滤波及 IC2 稳压后，为 IC1 提供 ± 12V 工作电源。

来自测速发电机的直流电压（该电压的高低与受控电动机的转速有关）经 RP3 和 R3 分压后，分别加至 IC1

的 3 脚和 6 脚，作为取样电压。当升降机电动机正向运转超速，使取样电压高于 IC1 的 2 脚的 +4.4V 基准电压时，IC1 的 1 脚将输出高电平，使 VD8 点亮，VT 导通，继电器 K 吸合，其常闭触点断开升降机电动机控制回路的电源，使电动机停转，制动器制动停车；当升降机电动机反向运转速度偏高，导致取样电压低于 IC1 的 5 脚 -4.4V 取样电压时，IC1 的 7 脚将输出高电平，使 VD9 点亮，VT 导通，K 吸合，将升降机电动机的工作电源切断，制动器制动停车。

7-3　自动接水器电路

如图 7-3 所示为自动接水器电路，当水缸中的水位处在检测电极 B 以下时，IC 的 2 脚为低电平，IC 导通，继电器 K 得电吸合，K 的触点 1-2 接通，电磁阀 YV 得电放水。当水缸水位到达检测电极 A 的最低端时，电极 A-E 导通，IC 的 2 脚为高电平，IC 截止，K 失电，K 的触点 1-2 断开，YV 停止注水。K 的触点 3-4 闭合，接通电极 A、B。当水缸的水用到 A 极低端以下时，由于 A、B 两极经 K 触点 3-4 接通，使 IC 的 2 脚仍为高电平，IC 保持截止状态。直至水位低于 B 极最低端时，IC 导通，YV 才又进入放水状态。

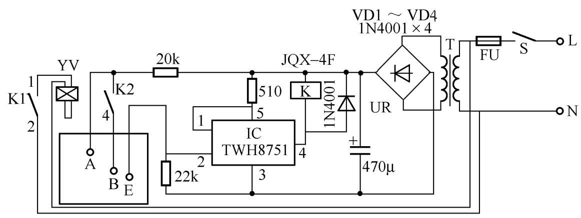


图 7-3　自动接水器电路

7-4　电动水阀门电路

如图 7-4 所示为电动水阀门电路，它能自动给水箱加水，还能在进水管无水的情况下自动将电磁阀关闭，以防止在进水管无水时电磁阀长时间通电而损坏。

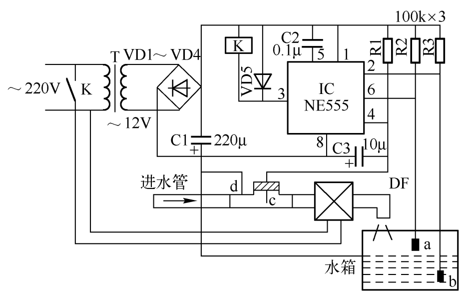


图 7-4　电动水阀门电路

IC 的 2 脚（低触发端）与低水位检测电极 b 连接，第 6 脚（高触发端）与高水位检测电极 a 连接，第 4 脚（复位端）与进水管内电极 c 相连，d 点与水箱体和金属进水管相连。

当水箱内水位低于 b 点时，IC 的 3 脚输出高电平，使继电器 K 工作，电磁阀通电工作，水箱开始进水；当水箱内水位高于 a 点时，IC 的 3 脚变为低电平，使继电器和电磁阀均断电，停止进水。

当进水管中无水时，IC 的 4 脚为低电平，使 IC 复位，3 脚输出低电平，继电器 K 和电磁阀均不工作。

C3 为延时电容器，是为了避免在水管内有气泡时电磁阀会反复通断而设置的。

第 8 章

电子光控、智能电路

8-1 光敏电阻器-晶闸管光控开关电路

如图 8-1 所示为光敏电阻器-晶闸管光控开关电路，它可作一些公共场所（如楼道、路灯等地）的自动光控开关。它在天黑时自动将灯 EL 点亮，天亮时光敏电阻器 RL 的亮阻很小，将晶闸管 VS 的门极接地而使 EL 失电熄灭。

调节电位器 RP，可使不同型号、规格的光敏电阻器在一定的条件（黑暗程度）下点亮 EL。

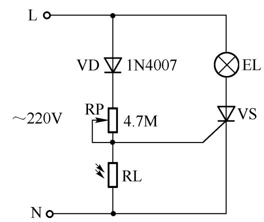


图 8-1 光敏电阻器-晶闸管光控开关电路

8-2 光控 NE555 继电器电路

如图 8-2 所示为用光敏电阻器 RL 和 NE555 时基电路制成的光控 NE555 继电器电路，可用于照明和其他设备的光控电路。

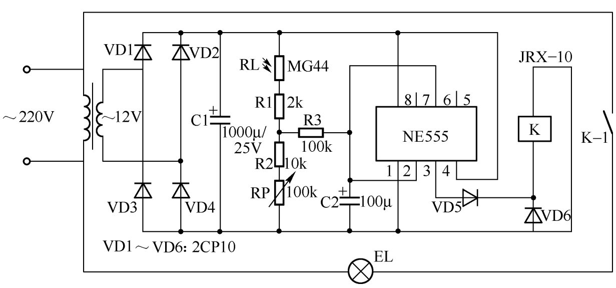


图 8-2 光控 NE555 继电器电路

光敏电阻器 RL 受光照射时内阻变小，NE555 集成电路的 2 脚和 6 脚电压较高，输出端的 3 脚为低电平，继电器 K 无电断开，灯泡 EL 的电源被切断，EL 不亮。当 RL 不受光或夜晚无光照时，其内阻增大，使得 NE555 的 2 脚和 6 脚电位变低，3 脚输出高电平，K 吸合，EL 亮。

调节可变电阻器 RP 的阻值，可使 NE555 在所需要的电压下工作。为了防止 K 断开时线圈中产生的高反压电动势损坏 NE555 集成电路，在电路中设置了 VD5、VD6 两只保护二极管。

8-3 光控、雨控继电器电路

如图 8-3 所示为光控、雨控继电器电路。在有光线照射光敏电阻器 RL、其亮阻较低时，VT1、VT2 导通，VT3 截止，继电器 K 因无电流通过而处于断开状态；当无光照时，VT1、VT2 截止，VT3 通过 RP 获得正向偏置电流而导通，继电器 K 吸合。

雨控传感器实为一个接水器皿。平时无雨水时上下电极不导通，因而不影响光控电路的正常工作。一旦下雨，接水器皿开始蓄水，上下电极被雨水导通，VT1、VT2 导通，VT3 截止，K 立即断开，切断光控、雨控继电器电路。

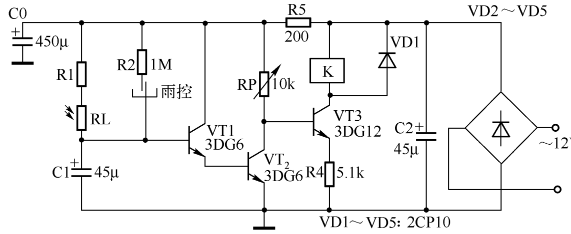


图 8-3　光控、雨控继电器电路

8-4　光控插座电路

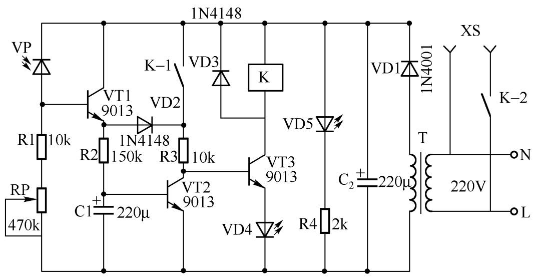


图 8-4　光控插座电路

如图 8-4 所示为光控插座电路。K－1、K－2 是继电器 K 的两个常开触点。平时，K－1、K－2 处于断开状态，所以插座 XS 无电。

VP 是光敏二极管。当用手电筒（或其他光源）使 VP 受到短暂的光照时，VP 的反向电阻值急剧下降，VT1 导通，电源通过 VT1、VD2、R2 使 VT3 迅速饱和导通，继电器 K 吸合，K－2 闭合，XS 上就有了电。与此同时，K－1 闭合，使 R3 接到电源正极，电路自锁，即光照结束后，K 仍能保持吸合状态。这时指示灯发光二极管 VD4 点亮。

VP 受到短暂光照时，电源虽通过 VT1、R2 对 C1 充电 ，使 C1 两端电位上升，但由于时间常数（R2、C1）较大，C1 两端电压上升较慢，VT2 还未导通，光照就已结束，所以它不会影响开关接通。

关灯时，只需长按一下手电筒，使电源通过 VT1、R2 向 C1 充电，由于光照时间较久，当 C1 两端电压 U_{C1} 上升到 0.65V 时，VT1 导通。VT2 集电极输出低电位，促使 VT3 立即截止，K 的线圈失电，K－1、K－2 断开，于是 XS 失电，与此同时，指示灯 VD4、VD5 相继熄灭。

VD2 的作用是防止 K－1 闭合时电源通过 K－1、R2 向 C1 充电，使继电器触点 K－1 无法保持吸合状态而设置的。VD5 是电源指示灯。VD1 与 C2 组成半波整流和电容滤波电路。VD3 起保护 VT3 的作用，防止 VT3 被继电器的自感电动势击穿损坏。

8-5　列车灯自控开关电路

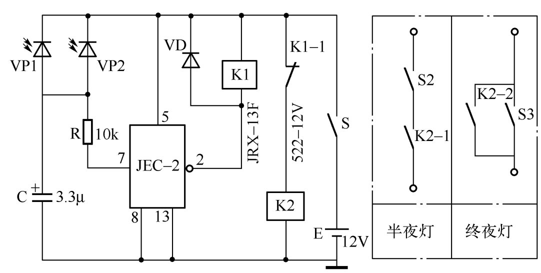


图 8-5　列车灯自控开关电路

如图 8-5 所示为列车灯自控开关电路，它能在列车进入隧道时自动将车厢内的电灯点亮，而在驶出隧道后又能将电灯熄灭。

光敏二极管 VP1、VP2 置于列车两侧车窗感光最强处。由于 JEC－2 集成电路灵敏度很高，所以像下雨天那样的自然光下也能使 JEC－2 输出低电平，使继电器 K1 吸合，其常闭触点K1－1 断开了继电器 K2 的电源，车厢电灯（半夜灯、终夜灯）均不亮。

当列车驶入隧道以后，由于隧道内漆黑一片，没有光线照射到 VP1、VP2 上，K1 失电，其常闭触点 K1－1 接通 K2 的电源，K2－1 接通半夜灯电路，K2－2 接通终夜灯电路，车厢内灯火辉煌。而当列车驶出隧道后，VP1、VP2 重见光明，车厢电灯熄灭。

为避免铁路边的电线杆、树木的阴影瞬时遮挡及隧道内灯光瞬时照射引起对光敏二极管的干扰，电路特设了电容器 C。当这些阴影瞬时遮挡光敏二极管 VP1、VP2 使它们瞬时截止时，由于有电容器 C 为 JEC－2 的输入端的 7 脚提供触发电流，所以能维持车灯在 1～2s 内不灭，而阴影一过，VP1、VP2 所产生的光电流又能为 JEC－2 提供触发电流。

倘若此时有隧道路灯照到 VP1、VP2 上，由于列车飞驰而过，光敏二极管所产生的脉动光电流被电容器 C

短路，不能触发 JEC－2，因而仍能维持车灯不灭。

8-6　路障灯电路

如图 8-6 所示为路障灯电路，如施工单位将建筑材料及建筑垃圾临时堆放在道路上时为防止行人摔跤，可设置本例所介绍的路障灯。它白天不亮，夜晚自动开启。

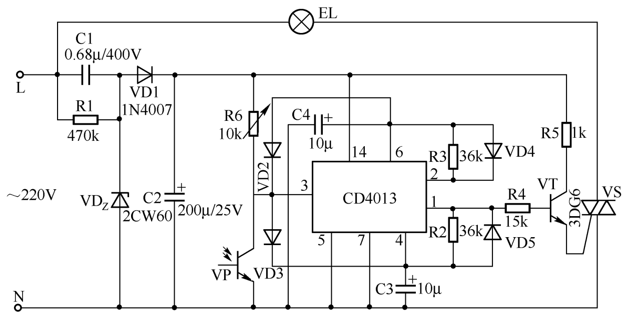


图 8-6　路障灯电路

图 8-6 中，C1、C2、VD1、VD_Z（稳压二极管）组成电容器降压式半波整流、滤波电路，在 C2 两端得到稳定的 12V 直流电源，供后续的电子电路使用。

CD4013 是一只 D 型触发器，它与 R2、C3 及 R3、R4、VD2、VD3 构成一个可控自激多谐振荡器。当其触发输入端的 3 脚为低电平时，由于 VD2、VD3 的钳位作用，振荡器停振；当 3 脚为高电平时，振荡器工作，从 1 脚输出振荡脉冲，振荡周期 $T=0.7(R_2C_3+R_3C_4)$（单位：s）。

VP 是光敏晶体管，白天有光照时呈低阻状态，集电极电位为低电位，CD4013 的 3 脚被接地，1 脚无振荡脉冲输出，晶体管 VT 不工作，双向晶闸管 VS 截止、灯泡 EL 不亮；入夜，VP 无光照射呈高阻状态，集电极电位为高电位，CD4013 振荡电路启振，1 脚输出振荡脉冲，经 VT 放大后触发 VS，灯泡 EL 一闪一闪地发亮，用于警示行人绕行。

8-7　带自锁功能的光控继电器电路

如图 8-7 所示为带自锁功能的光控继电器电路，由于采用了达林顿型光敏晶体管 VTP，从而简化了放大电路，仅用一只晶体管 VT2 便可驱动继电器动作。继电器 K 吸合，其触点相继闭合，实现了继电器光控自锁功能。按一下 SB，K－1 失电断开。

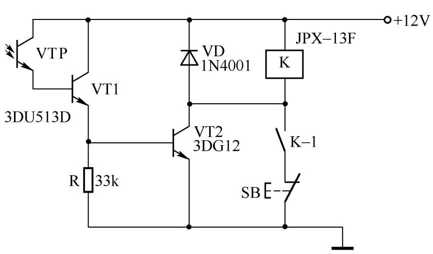


图 8-7　带自锁功能的光控继电器电路

8-8　交直流两用光控继电器电路

如图 8-8 所示为交直流两用光控继电器电路，它是用光控晶闸管组成的继电器，既可以用于交流电源，又可以用于直流电源，图中的二极管 VD1～VD4 为桥式整流电路。当电源为交流电源时，VD1～VD4 将交流整流成直流，再经电容器 C 滤波后加到光控继电器电路上；当电源为直流电源时，无论两个接线端子与电源的正负极怎样接，始终能保证光敏晶闸管 VSP 的阳极接的是电源正极、阴极接的是电源负极。

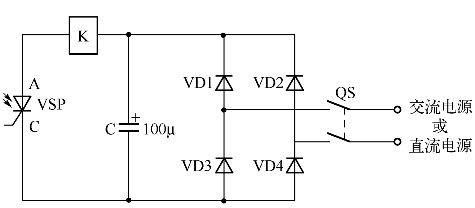


图 8-8　交直流两用光控继电器电路

这种光控继电器属于自锁式，断开隔离开关QS才可解除自锁。

8-9 光控常闭式交流接触器电路

如图8-9所示为光控常闭式交流接触器电路，是用双向晶闸管来实现的。交流接触器（或电磁启动器）的线圈工作电压较高（380V或220V），且工作电流较大。一般来讲，用目前常见的小功率晶闸管来直接驱动是不行的，得借用其他元器件才能达到光控交流接触器的目的。

图8-9中，KM为交流接触器，VS为双向晶闸管，VD为双向触发二极管，VSP为光敏晶闸管。

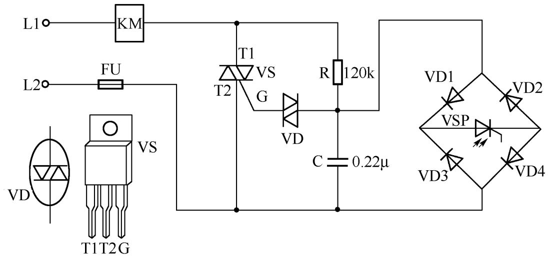


图8-9 光控常闭式交流接触器电路

无光照时，VSP不导通，电源接通后，电容器C开始充电。当C两端电压达到VD的转折电压后，双向晶闸管VS被触发导通，交流接触器吸合，即为本接触器的常闭状态。

有光照时，VSP导通，致使电容器C被短路，这就使双向触发二极管VD丧失转折电压而截止，双向晶闸管VS失去了触发电压，在交流电源过零时即关断，KM断开。

8-10 光耦合器常开电路

如图8-10所示为光耦合器常开电路，电路无输入脉冲时，晶体管VT处于截止状态，因集电极c与发射极e不导通，无电流通过光耦合器OP内部的发光二极管，所以OP内的光电池内阻非常大，相当于电子开关断开。反之，当加入输入脉冲时，VT导通，发光二极管因通过电流而发光，光电池有电压输出，相当于开关接通。因无信号时开关不通，所以通常称为常开状态。

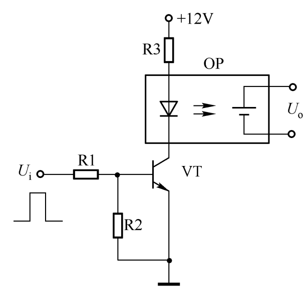


图8-10 光耦合器常开电路

8-11 光耦合器“单刀双掷”开关电路

如图8-11所示为光耦合器“单刀双掷”开关电路。“单刀双掷”开关适合在自动控制和遥测设备中使用。其中外接的二极管VD可起到配合电位的作用，以保证输入正脉冲时使OP1接通、OP2关断。

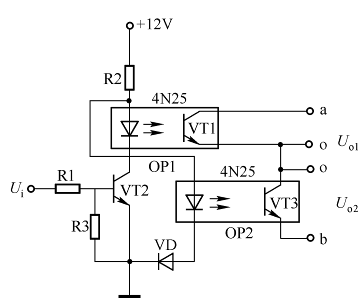


图8-11 光耦合器“单刀双掷”开关电路

8-12 商品广告机电路

如图8-12所示为商品广告机电路。商品广告机可放在新产品展示台上，当顾客停留超过3s时，电路中的

扬声器就会用语言对商品作长达1min的介绍，并且可以任意更改重录。所录入的语言可以永久保存，不会因断电等原因丢失；如果顾客感兴趣（不离开），它就会滔滔不绝地反复介绍。

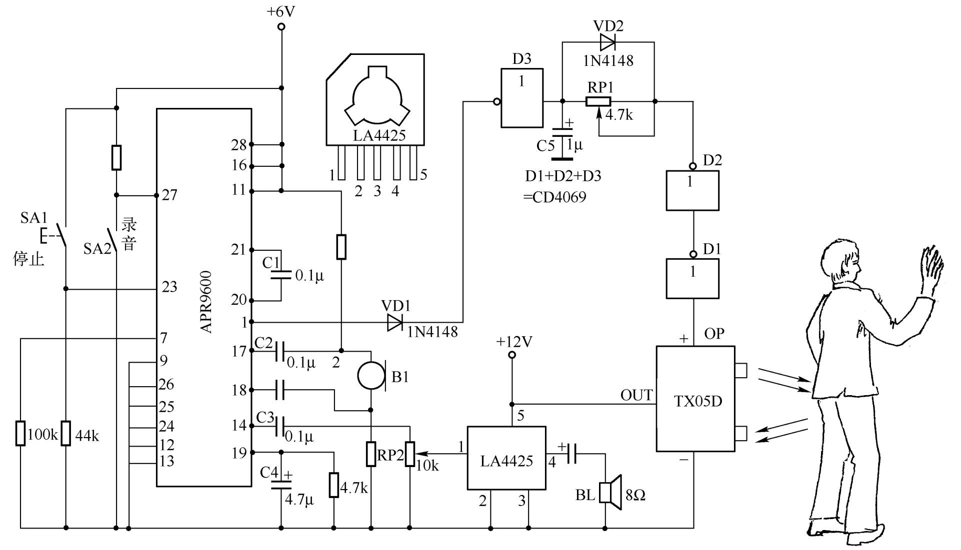


图8-12　商品广告机电路

当顾客接近商品到一定距离时，顾客的身体将从TX05D发射出来的红外线束反射到OP内的红外线接收晶体管内，OUT端输出高电平。通过非门D1、D2反相及电平整形后，由电位器RP1向C5（1μF）充电，充电时间约3s，可通过调整RP1确定。如果顾客只是从商品前方经过，因为停留时间小于3s，C5两端的电压还未达到D3的翻转电平时D2已经变成低电平，VD2瞬间泄放掉C5内所储存电荷。当顾客停留时间超过3s时，D3翻转输出低电压，通过VD1触发APR9600语音录放电路工作。由于语音录放电路本身只能输出50mW的功率，在人声嘈杂的商店里根本听不清，所以增设LA4425作为功率放大器，以驱动扬声器BL（5W/8Ω）发出APR9600内存储的商品广告词声音。

商品广告词需预先录音。按住录音开关SA2，扬声器会发出“嘀”的一声提示音，然后可通过话筒B1将讲解商品广告词进行录音。录制完毕，松开SA2扬声器会再发出“嘀”的一声，提示录音结束。倘若录音时间超过芯片允许的时间，扬声器会发出“嘀、嘀”两声提示音，强制结束录音。SA1是停止按钮，在不用商品介绍机时，只需按SA1即可停止。

8-13　自动控温器电路

如图8-13所示为自动控温器电路，它采用MF11-330型热敏电阻器作为探测元件，RT、R1、RP、R2组成测温电桥。其中热敏电阻器RT作为感温元件（探头），RP为微调电阻器。当RT的阻值等于RP的阻值时，电桥平衡，差分放大管VT1和VT2的基极电压相等，差分放大器输出$U_{AB}=0$。VT3的$U_{eb}=0$，VT3截止。这时输出电路（VT3和VD1）无输出，开关管VT4的eb结无输入电平，VT4截止，继电器K失电断开。

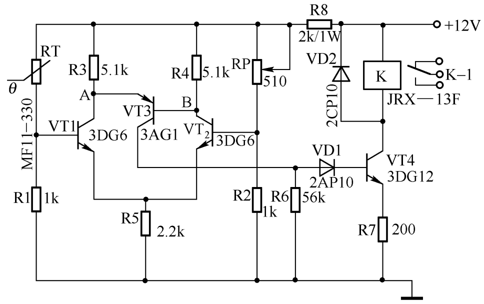


图8-13　自动控温器电路

当RT感受到温度降低时，其阻值增大，RT的阻值大于RP的阻值，电桥失去平衡，差分放大器输出$U_A>U_B$，VT3导通，VT4因获得正向偏流而导通，当VT4的基极电压大于0.7V进入饱和状态时，继电器K吸合。

利用继电器K的触点控制电器，即可实现温度控制。

8-14　AD590温度计的测温电路

AD590集成温度传感器（温度计）分I、J、K、L、M共五挡。由于各挡都有一定的标定误差和非线性误

差，而且其输出电流与热力学温度成正比。所以，在用 AD590 构成具体的测温、控温电路时，有必要对其进行温度校正，以期达到满意的测温、控温精度。在用摄氏温度读数的场合，还要求电路具有温度转换功能。

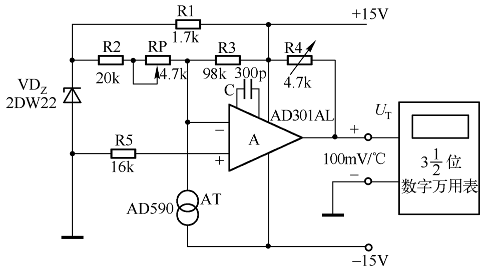


图 8-14　AD590 温度计的测温电路

如图 8-14 所示为一个实用的 AD590 温度计的测温电路。采用两点温度校正法。先用 R3 校正 0℃（U_T = 0.00V，3½位表 20V 挡，U_T 对地间电位），随后用 R5 校正 100℃（U_T = 10.00V），再反复查校 0℃和 100℃三次无误即可。

此电路输出较大，用 3½位数字万用表 20V 挡要将小数点右移 1 位，即可直接读出摄氏温度的数值。

若测温上限超过 125℃，则要用 ±20V 供电，运算放大器 A 改用 μA741，电容器 C 应取消不用。

8-15　SM－C－1 型湿度传感器电路

湿敏元件一般由基体、电极和感湿层构成，如图 8-15（a）、（b）所示为 SM－C－1 型湿度传感器电路的两种常见的湿敏元件，如图 8-15（c）、（d）所示为湿敏元件常用的两种电路图形符号，其中如图 8-15（c）所示为常用的湿敏电阻器，如图 8-15（d）所示为可加热清洗型的湿敏元件。A－A 为测量极，B－B 为加热清洗电极。符号上的 H_2O 为水分子，标志湿敏之意。

如图 8-15（e）所示为 SM－C－1 型湿度传感器电路。它的核心元件是 SM－1 型湿敏元件。该湿敏元件为 $MgCr_2O_4-TiO_2$ 制成的多孔陶瓷型“湿－电”转换元件，具有使用湿度范围大、测湿范围宽、响应速度快的优点，尤其是采用了加热清洗技术，解决了由于长期使用时污染引起的精度下降问题。

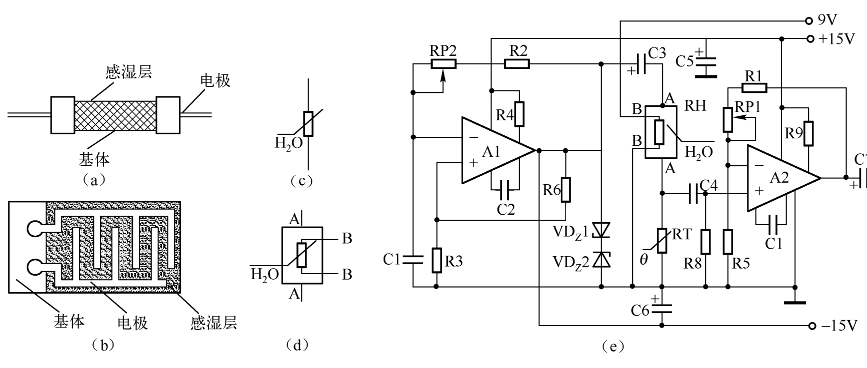


图 8-15　SM－C－1 型湿度传感器电路

SM－C－1 型湿度传感器是专为湿度仪表、自动控制配套设计的。其电路包括方波发生器、取样及湿度补偿电路、电压跟随器等部分。

方波发生器是由运算放大器 A1，电阻器 R2、R3、R4、R6 和电位器 RP2，电容器 C1，以及稳压二极管 VD_Z1、VD_Z2 等组成的。其输出的方波经电解电容器 C3 耦合给湿敏元件 RH 的测量端 A。在这里，R6、R3 构成 A1 的正反馈网络，R2、RP2 和 C1 组成充放电回路；VD_Z1、VD_Z2 构成输出限幅电路。适当选择 R2 的阻值并调整 RP2，使方波发生器的振荡频率在 60～120Hz 之间。合理选择 VD_Z1、VD_Z2，使 A1 的输出电压为 6～7V。

取样及湿度补偿电路由 C3、湿敏元件 RH 和热敏电阻器 RT 组成。取样电路实际上是一个分压电路。适当选取热敏电阻器的阻值，可以保证湿敏传感器的误差在允许范围之内。取样及补偿电路的输出信号，经 C4 耦合至运算放大器 A2 的同相输入端。

RH 的 B－B 端为加热清洗极，每次测量之前应通入 9V 交流电压，将电热丝加热 10s 左右，用于驱除 RH 的感湿层内原有的水分子。

电压跟随器由 A2、RP1、C7 等组成。它可以使传感器获得高输入阻抗和低输出阻抗，有利于获得精确的输出电压和远距离传输。适当地调整 RP1，可以改变 A2 的增益。

传感器所检测到的湿度信号转换成电信号后，从输出端 U_o 耦合到湿度表头或自动控制设备上的接口电路，以监测或控制湿度。

8-16　单片工作半桥式力敏电桥电路

如图 8-16 所示为单片工作半桥式力敏电桥电路，力敏电桥 RF1 为工作片，RF2 为温度补偿片。RF2 粘贴在圆柱形弹性体上，且与 RF1 互相垂直。

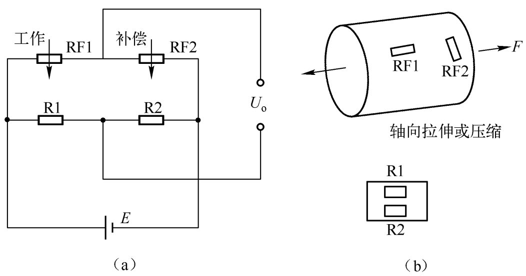


图 8-16　单片工作半桥式力敏电桥电路

8-17　矿灯瓦斯报警电路

如图 8-17 所示为矿灯瓦斯报警电路，瓦斯探头由 QM－N5 型气敏元件、R1 及 4V 矿灯蓄电池等组成。

R1 为限流电阻。RP 为瓦斯报警设定电位器。当矿井内瓦斯浓度超过某一设定点时，RP 输出电信号通过二极管 VD 加至 VT1 基极上，VT1 导通，VT2、VT3 便开始工作；而当瓦斯浓度低时，RP 输出的电信号电位低，VT1 截止，VT2、VT3 便自动停止工作。

VT2、VT3 为一个互补式自激多谐振荡器。在 VT1 导通时，VT2、VT3 工作，继电器不断地吸合和断开，由于继电器 K 和矿灯 HL 都安装在安全帽上，所以不仅 HL 会闪亮，而且在继电器动作时，衔铁会撞击铁芯发出“嗒、嗒”声，通过安全帽传递，矿工听得十分清晰。

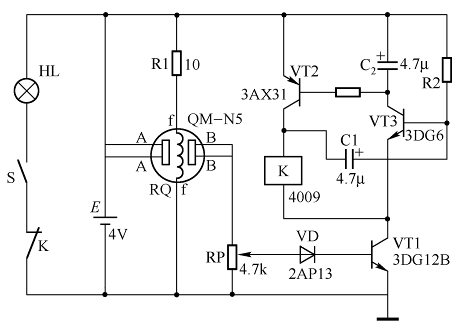


图 8-17　矿灯瓦斯报警电路

矿工下班时，将矿灯蓄电池交给充电房充电，下井前到充电房领取，所以气敏元件不受开关 S 控制，这样下井时气敏元件无须再预热。

8-18　一氧化碳报警电路

如图 8-18 所示为一氧化碳报警电路，电路中，变压器 T 将市电变成 3.5V 和 15V 两种低压交流电。其中 3.5V 电源供气敏元件的加热丝用电，15V 作为测量回路电压。用 3.5V 交流电作为加热电压，元件 RQ 在工作过程中就无须加热清洗了。RP 为报警点设定电位器。当一氧化碳超过某一浓度，在 RP 的中抽头上产生的信号电压大于晶闸管 VS 的门极触发电压时，VS 导通，电笛立即发出报警声。

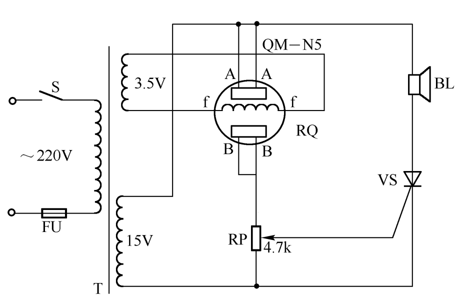


图 8-18　一氧化碳报警电路

8-19 超声波遥控发射电路

如图 8-19 所示为超声波遥控发射电路。反相器 D1、D2、D3 组成 40kHz 振荡器。工作频率主要由 C1、R2 和电位器 RP 来确定。调节 RP 则改变振荡频率。反相器 D4 使 AL 的激励电压提高一倍。电容器 C3、C2 平衡反相器 D2 和 D4 的输出，使波形稳定。

按一下按钮 SB，电路工作，40kHz 的脉冲加至 AL 两端，AL 便向空中辐射超声波。

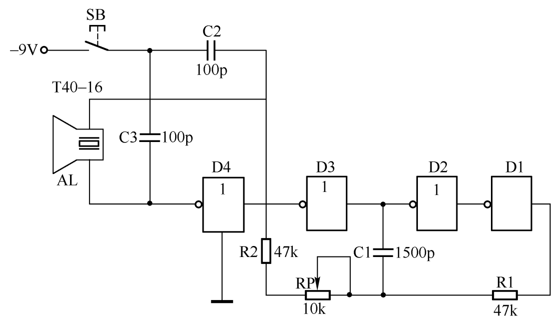


图 8-19　超声波遥控发射电路

8-20 超声波遥控接收电路

如图 8-20 所示为超声波遥控接收电路，当来自超声波发射机的 40kHz 信号被接收机传感器 AL 接收到后，由反相器D1～D3 进行放大，再经反相器 D4、D5 整形，当信号输入时，反相器 D6 输出高电平。A1 为 D 型正反器，D7、D8 组成多谐振荡器，由 R8、C6 决定振荡周期。D 型正反器在脉冲的正边沿动作，最后由 D 触发器 A2 组成的双稳态电路控制开/关的动作电位，从而控制继电器 K 的状态。发光二极管 VD5 发光，表示继电器 K 已动作。

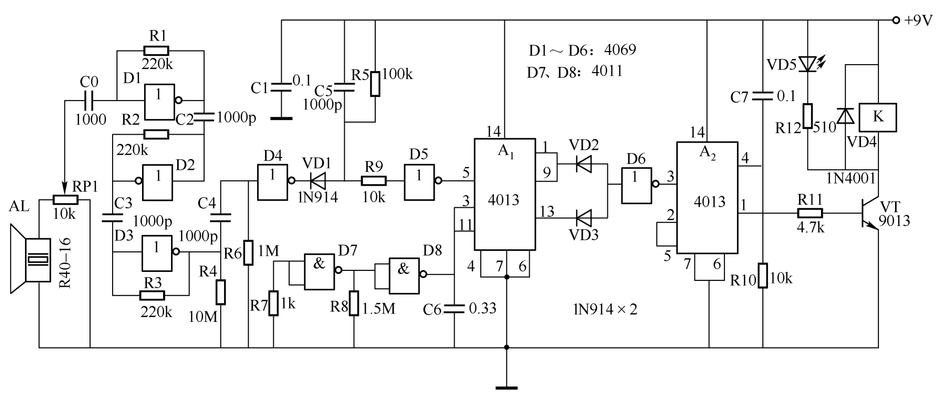


图 8-20　超声波遥控接收电路

第 9 章

电子音乐芯片应用电路

9-1 “欢迎光临”电路

如图 9-1 所示为“欢迎光临”电路，在商店门前，时常听到“欢迎光临”的声音，表示对顾客的欢迎。

下面介绍两种“欢迎光临”芯片。

1. KD－5603“欢迎光临”芯片

KD－5603 芯片与外围元器件组成的电路如图 9-1（a）所示，该芯片具有以下特性：

（1）电源电压范围宽；

（2）功耗低；

（3）外围元器件少，部分 IC 内设 RC 振荡；

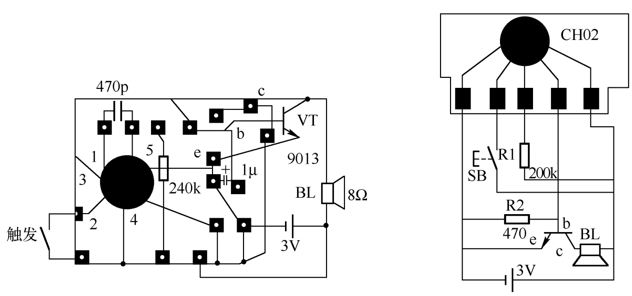
（4）语言容量为 1.5～4s；

（5）直流或脉冲触发；

（6）输出接 NPN 型晶体管驱动扬声器。

2. CH02“欢迎光临”芯片

CH02 芯片与外围元器件组成的电路如图 9-1（b）所示。它与 KD－5603 芯片的功能是一样的。



（a）KD–5603 芯片组成的电路　（b）CH02 电路

图 9-1 “欢迎光临”电路

9-2 “你好，请开门”电路

如图 9-2 所示为使用 JH－668 芯片的“你好，请开门”电路。可用它安装一个会说话的门铃，当客人按动按钮时，向主人发出“你好，请开门”的声音。

该电路简单实用，除 JH－668 芯片外，只有一只电阻、一个扬声器和一个按钮。

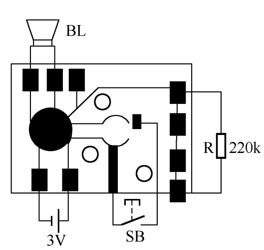


图 9-2 “你好，请开门”电路

9-3 “财神到”电路

如图9-3所示为“财神到”电路，其中，JH－02B芯片内存有“财神到”的祝福语，加上几个外围元器件，组装在一起即可。

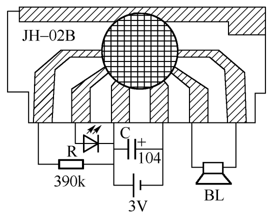


图9-3 “财神到”电路

9-4 “禁止合闸，有人工作”语音集成电路

如图9-4所示为“禁止合闸，有人工作”语音集成电路，图中的S1、S2为触发开关。此电路多用于配电间、配电箱的刀开关警示牌。断开刀开关时，挂上警示牌。闭合S1或S2时，扬声器BL便会一直播出“禁止合闸，有人工作”，提醒人们别合闸，以确保工作人员的安全。

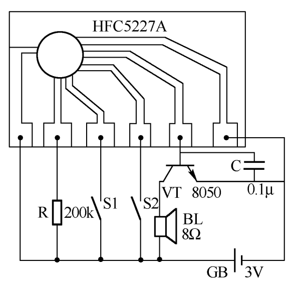
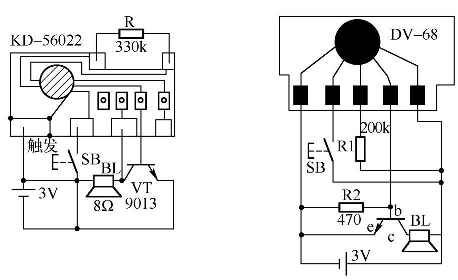


图9-4 “禁止合闸，有人工作”语音集成电路

9-5 倒车语音集成电路

如图9-5（a）所示为KD－56022倒车语音集成电路，KD－56022芯片是CMOS大规模芯片集成电路，内存“嘟嘟！倒车”语音。按一次SB按钮放一遍语音，连续触发，反复循环。如果另加功率放大器则音量更大。

如图9-5（b）所示为DY－68倒车语音集成电路，该倒车语音集成电路与KD－56022倒车语音集成电路功能基本相同，只是换为语音“倒车，请注意”。



（a）KD-56022倒车语音集成电路 （b）DY-68倒车语音集成电路

图9-5 倒车语音集成电路

第 10 章

新颖电子电路

10-1 25W 傻瓜功放电路

这里给出的功放电路极其简单，在应用时，外围不需要一个元器件。12V 供电时，4Ω 扬声器上可得到 25W 的输出功率，是自制音响时的良好选择。

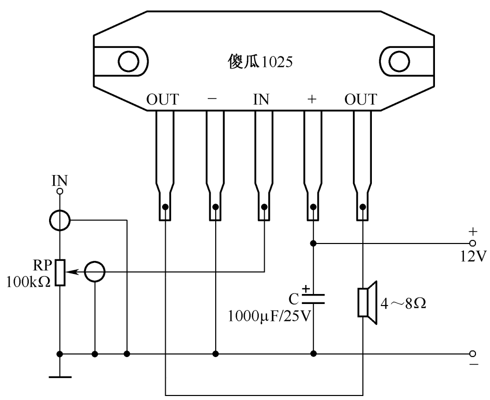


图 10-1　25W 傻瓜功放电路

傻瓜功放型号为 1025，它是中山市达华电子厂生产的原傻瓜 175 功放的换代产品，有许多优点：

（1）相同电源下，输出功率大；

（2）免外围电路，仅有电源正负输入、信号输入、功率输出五根引脚，使用简单；

（3）高阻抗场效应管输入，灵敏度高，对前极信号源无需严格的动力驱动；

（4）工作电压范围宽，且输出失调电压及失真度低；

（5）单电源供电。

傻瓜 1025 功放电路各引脚功能及其应用电路如图 10-1 所示。图中的 1000μF 电容为电源退耦电容，用 12V 蓄电池（俗称电瓶）供电时，加上该电容；用整流滤波供电时，则可不用该电容。工作时应该给功放安装 $100mm^2$ 以上的散热器。

10-2 电热灭蚊器电路

电热灭蚊器电路采用 PTC 陶瓷半导体作为发热元件，持续对药片加温。PTC 工作时升温快，2s 内可升温到 250℃，且无明火，不消耗空气中的氧气；耗电省，热效率可达 90% 以上；寿命长，高达 30 万小时。用它作加热元件，安全可靠。

电路如图 10-2 所示，图中 EL 起电源指示作用，R 为 EL 的限流电阻。

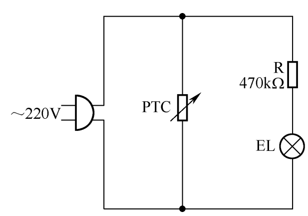


图 10-2　电热灭蚊器电路

10-3 电子捕鱼器电路

电子捕鱼器用 12V 蓄电池供电，容量为 30A・h 时，电池可使它连续工作 6～8h。使用时，电路输出 20kV 以上的脉冲，脉冲功率大于 100W。将高压输出两电极相距 0.5～1m 放入水中，按 SB 即可将一定范围内的鱼电晕，鱼被电伤后漂上水面，用鱼网捕捞，停一段时间鱼又会苏醒过来。

电子捕鱼器电路如图 10-3 所示，CD4069 六反相器集成电路与 R2、RP、C1 构成基本振荡电路，产生一定频率的脉冲信号，调整 RP 可调节输出脉冲的频率。VT1、VT2、VT3 直接耦合作为推动激励电路。VT4～VT7 四个大功率三极管并联使用，作为脉冲功率输出级，总工作电流为 3A 左右。自耦变压器 T 产生 20kV 以上的高压脉冲，脉冲功率在 100W 左右，经放电极 A、B 输出。稳压管 VZ 为集成电路提供 6V 的工作电压。

制作时，IC 用 CD4069 六反相器，VS 为 6V 稳压管。VT1、VT2、VT3，$\beta U_{CEO}>50V$，$\beta>60$；VT4～VT7，$\beta U_{CEO}>150V$；当 $I_C=2.5A$ 时，β 值基本相同。自耦变压器 T 用 JQ-86 型汽车高能电子点火器代用。调整 RP 使总电流为 3～4A。VT4～VT7 应加足够面积的散热片，高压输出线应采用绝缘良好的专用高压线。

其他元器件的选择如图 10-3 所示。

使用电子捕鱼器时要注意自身安全，同时要注意保护自然资源。

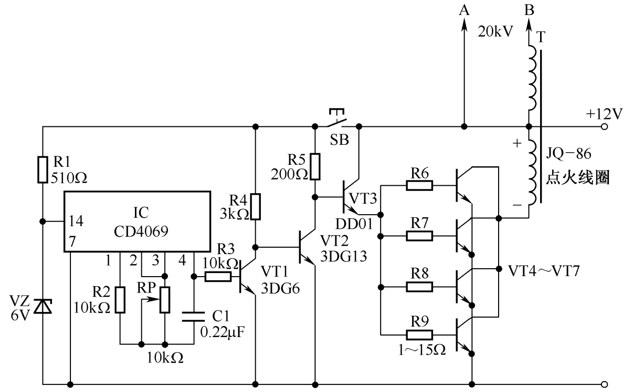


图 10-3　电子捕鱼器电路

10-4　电子鸟电路

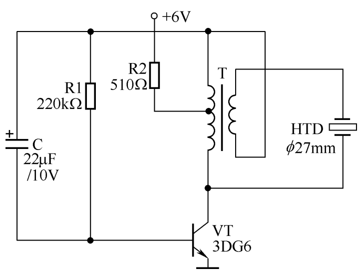


图 10-4　电子鸟电路

如图 10-4 所示，三极管 VT、变压器 T、电阻 R1 及压电陶瓷片 HTD 组成电感三点式振荡器，产生电子鸟基调信号。电容 C、电阻 R1、VT、变压器 T 又构成间歇振荡器，对基调信号进行调制，使 HTD 发出间歇性的电子鸟叫声。HTD 既作振荡元件又作发声元件。

制作时，变压器用三极管收音机音频输出变压器，VT 用 3DG6、9014 等 NPN 型三极管，HTD 用 ϕ27mm 压电陶瓷片，R1 用 200kΩ 电阻，R2 用 510Ω 电阻，C 用 22μF/10V 电解电容器。HTD 应加上适当的助声腔。改变 C、R1 的值可调节鸟叫的基调频率及间歇时间。

10-5　电子驱鼠器电路

由 555 时基定时器电路组成的电子驱鼠器电路如图 10-5 所示。555 时基电路连接外部元器件组成一个多谐振荡器，产生一个固定频率的矩形波，对老鼠、蟑螂、蚊蝇等都有刺激作用。改变 R_1、R_2、C_1 的值就可改变所产生矩形波的频率。矩形脉冲通过扬声器转换成声波。此电路可产生 48kHz 的超声波，可放置于仓库中，用于驱除鼠。

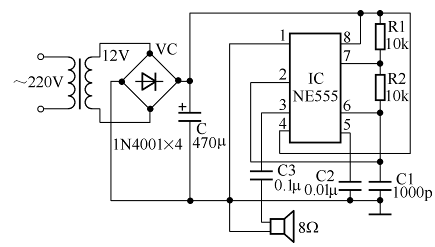


图 10-5　电子驱鼠器电路

10-6　电子看门狗电路

图 10-6 所示是电子看门狗电路。电子看门狗电路由多普勒效应传感器 N1（RD627）、运放 N2（LM358）、狗叫仿声专用集成电路 N3（KD5608）等组成。当无人在 N1“监视”区内活动时，N1 的 6 脚无信号输出，N2 的 1 脚输出为低电位，VT 截止，N3 的 2 脚为低电位而不工作。当 N1 的“监视”区内有人活动时，其 6 脚输出一低频信号，此信号经 N2 放大后使 VT 导通，于是 N3 的 2 脚得到一个正触发信号而发出狗叫声。此声音促使在 N1“监视”区内活动的人离开此区域，同时向主人报警。调节 RP 可改变 N1 的“监视”距离。

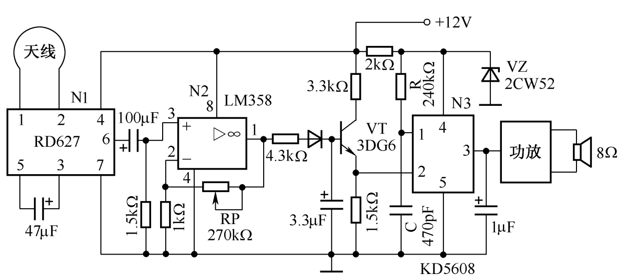


图 10-6　电子看门狗电路

10-7　电子触摸式开关电路

由三极管组成的电子触摸式开关电路，电路简单，成本低廉，非常实用。电子触摸式开关电路如图 10-7 所示。

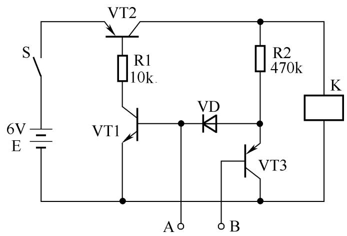


图 10-7　电子触摸式开关电路

当电源开关 S 接通时，由于 A、B 两点无人体感应信号电压，电路处于静止状态，三极管 VT1、VT2、VT3 及继电器 K 均不工作。当手指触及图中的 A 端时，人体感应信号致使三极管 VT1、VT2 导通，继电器 K 得电动作，其常开触点闭合，接通用电器的电源。另外在 VT2 导通时，电源经 VT2、R2、VD 向 VT1 的基极提供正偏电压。因此，手指离开 A 端后，VT1、VT2 继续维持导通，使电路处于稳定工作状态。为确保电路可靠工作，A（ON）、B（OFF）两触摸片的连线不宜过长。

当手指触及图中的 B 端时，人体感应信号使三极管 VT3 导通，VD 截止，无正向电压加至 VT1 的基极，VT1、VT2 截止，继电器 K 失电释放，其常开触点断开，关闭用电器电源。

VT1：选用 3DG6 或 9014 型等小功率 NPN 型三极管。

VT2：选用 3CG15 型等小功率 PNP 型三极管。

VD：选用 1N4004 型整流二极管。

K：选用 JRC－5M 型等 6V 直流继电器。

10-8　简易声控开关电路

简易声控开关电路如图 10-8 所示。无声响时，三极管 VT1、VT2 截止，继电器不动作，被控用电器电源不通，用电器不工作；当有声响时，MIC 产生脉冲信号，经电容 C 耦合至三极管 VT1 基极，复合三极管 VT1、VT2 导通，继电器 K 得电动作，其常开触点闭合，接通被控电源，用电器工作。

VT1 选用 3DG6 型；VT2 选用 3DG12 型；MIC 选用驻极式话筒；K 选用 6V 型直流继电器。

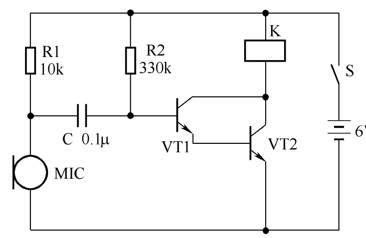


图 10-8　简易声控开关电路

10-9　超声波钻孔机电路

超声波钻孔机电路由电源电路、超声波振荡器电路、驱动放大电路和功率输出电路组成，如图 10-9 所示。超声波钻孔机是首饰珠宝加工业必备的加工机械，主要用于天然宝石、水晶、玛瑙、翡翠及玻璃制品等高硬度材料的钻孔和雕刻。

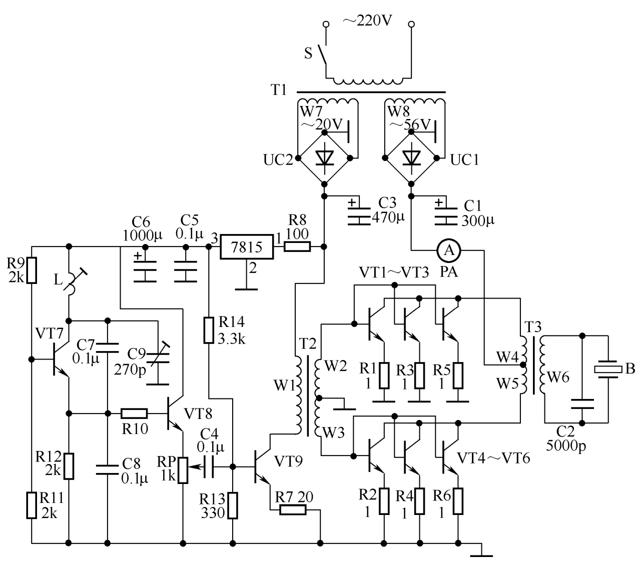


图 10-9　超声波钻孔机电路

电源电路由电源开关 S、电源变压器 T1、双路整流桥 UC1 和 UC2、电流表 PA、电阻器 R8、7815 三端稳压集成电路和滤波电容器（C1、C3、C5、C6）组成。

接通电源开关 S，交流 220V 电压经 T1 降压后，在 T1 的绕组 W7 和 W8 上分别产生交流 20V 电压和交流 56V 电压。交流 20V 电压经 UC2 整流、C3 滤波后，一路经 T2 的 W1 绕组加至 VT9 的集电极上，为驱动放大电路提供近 24V 直流电压；另一路经 7815 稳压为 +15V，作为超声波振荡器的工作电源。

交流 56V 电压经 UC1 整流及 C1 滤波后，经电流表 PA 为功率输出电路提供 60V 左右的直流工作电压。

超声波振荡器通电后振荡工作，产生的超声波振荡信号经 VT8、VT9 放大后，耦合至功率输出电路，经 VT1～VT6 功率放大后，再通过 T3 驱动换能器，将超声波电能转换为机械振动能，振动头在磨粉（一般为金刚砂）和水的配合下反复振动，对被加工件的加工部位进行磨削，形成磨孔或雕刻图案。

调节 L 的电感量或 C9 的电容量，可改变超声波振荡器的频率。

调节 RP 的阻值，可改变输出功率的大小（可通过 PA 来监视输出功率）。

R1～R6 选用 1W 的金属膜电阻器；R7～R13 均选用 1/4W 的金属膜电阻器。RP 选用多圈精密电位器。L 使用黑白电视机行振荡线圈。C1 选用耐压值为 100V 的铝电解电容器；C2 选用高频瓷介电容器；C3 选用耐压值为 50V 的铝电解电容器；C4、C5、C7 和 C8 均选用独石电容器；C6 选用耐压值为 25V 的铝电解电容器；C9 选用瓷介微调电容器。UC1 和 UC2 均选用集成电路整流块或选用 6A、100V 的硅整流二极管及 1N4007 硅整流二极管组成的电桥。VT1～VT6 选用 2SD1403 或 BU508 高频大功率硅 NPN 三极管；VT7 和 VT8 均选用 3DA87 硅 NPN 型三极管；VT9 选用 BU407 硅 NPN 型三极管。三端稳压集成电路选用 LM7815。PA 选用 0～5A 的电流表。T1 选用 50W 的电源变压器，T2 使用 E 形磁芯和 ϕ0.33mm 高强度漆包线绕制，W1 绕 250 匝，W2 和 W3 各绕 25 匝；T3 使用小型瓷罐和高强度漆包线制作，W4 和 W5 用 ϕ0.47mm 的漆包线各绕 30 匝，W6 用 ϕ0.33mm 的漆包线绕 360 匝。B 选用专用超声波振动头。

10-10　光控自动窗帘设计参考电路

图 10-10 所示是光控自动窗帘电路。光控半自动窗帘机是家庭中的电气化用具，每天早晨它能自动把窗帘拉开，晚上把窗帘合上。

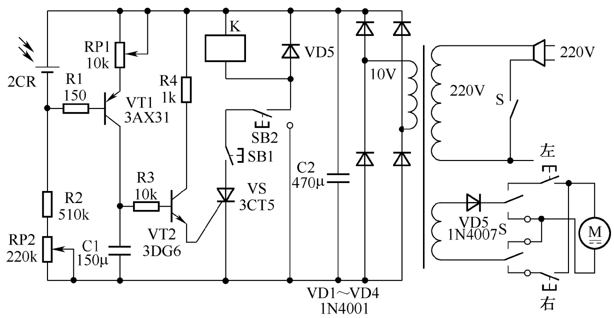


图 10-10　光控自动窗帘电路

每天清晨，光线照射到硅光电池上，产生一电动势，此电动势使三极管 VT1 导通，向电容 C1 充电，随着电容 C1 上的电压不断上升，VT2 的发射极电流也逐步增加，此电流达到晶闸管门极触发电流时，晶闸管即被触发导通，继电器 K 吸合，触点转换，直流电动机正向通电旋转，经减速器驱动窗帘缓缓移动直到停止。晚上夜幕来临，电路无光照，不工作，自动将窗帘合上。

10-11　霍尔电子点火器电路

霍尔电子点火器电路如图 10-11 所示，电路可用于汽车、拖拉机等机动车的点火。霍尔电子点火器无触点、节能，适用于各种恶劣环境，冷启动性好。

霍尔组件有磁通通过，则闭合接通电路，使霍尔电路输出低电平。当霍尔元件与磁体隔离时，电路截止，输出为高电平。

当霍尔传感器输出低电平时，VT1 截止，相当于给 VT2 基极提供一个下偏置电阻，此时 VT2、VT3 导通，点火线圈一次侧有一个恒定电流通过。当霍尔传感器输出高电平时，VT1 导通，VT2、VT3 截止，点火器的一次电流被截断，这时，储存在点火线圈中的能量在点火线圈二次侧以高压放电形式输出，放电点火。

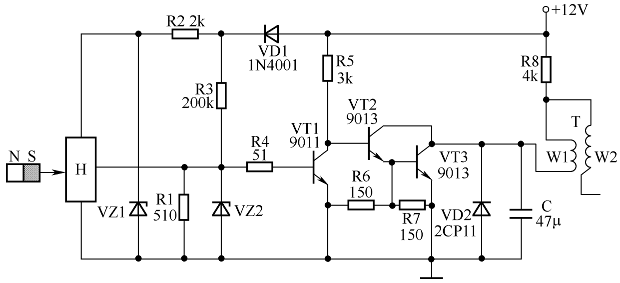


图 10-11　霍尔电子点火器电路

10-12　差动变压器测量电路

CPC－160A 型差压计的传感器是一个差动变压器，当所测的差压变化时，差压计内的膜片产生位移，从而带动固定在膜片上的差动变压器的铁芯位移，使差动变压器二次侧输出的电压发生变化，输出电压的大小与铁芯的位移成正比，从而也与所测差压成正比。差动变压器测量电路如图 10-12 所示。

差动变压器的一次电压由内部振荡电源供给，因此 220V、50Hz 的交流电源先经过变压器降压，再由二极管整流桥整流，通过两级由稳压管组成的稳压电路得到一个约为 8V 的稳定直流电压，作为多谐振荡电路的电源。为了获得较好的温度补偿，在第二级稳压电路中采用了两个相同型号的稳压管 VZ2、VZ3 并相互对接。

多谐振荡器由两个 3AX81 三极管（VT1 和 VT2）组成，把差动变压器的一次绕组作为两个三极管的负载。通过谐振电容 C5，差动变压器的一次绕组两端即得到一个约为 8V（1000Hz）的交流电压。为了使仪表不受环境温度的影响，在振荡电路内采用了两个补偿电阻 R7 和 R8。

相敏整流电路主要由两个二极管 VD5、VD6，电阻 R9、R10 及电位器 RP1 组成。RP1 的作用是平衡 R9、R10 两个电阻的差值，从而调节仪表的电气零位。

二极管 VD5、VD6 分别对差动变压器两个二次绕组的电压进行整流，并在其相应的负载电阻 R9、R10 上得到一个极性相反的直流电压，这两个电压的差值即为仪表的输出，送到指示器直流毫伏表上。当差动变压器的铁芯处在中间位置时，R9、R10 上的直流电压相等，毫伏表指示为 0。当铁芯偏离中心位置时，在毫伏表两端即得到与铁芯位移成正比的直流电压。电位器 RP2 是用来调整仪表满量程的。

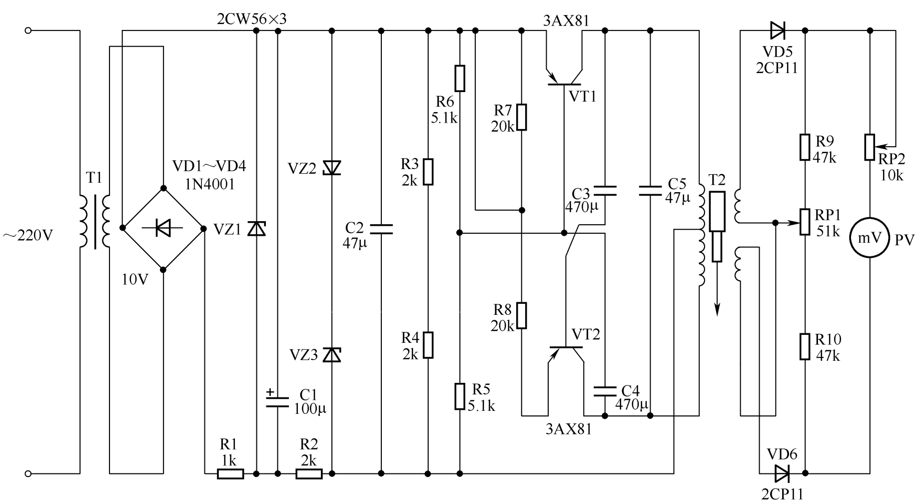


图 10-12　差动变压器测量电路

10-13　简易低压安全点烟器电路

在家庭和工作场所的休息室里，可安装一只简易点烟器，如图 10-13 所示。吸烟时，只需要按下按钮 SB 即可点烟。其材料花费不多，却能为使用者带来便利。

整机只需三个元件。变压器 T 用小型电源变压器或用车床控制变压器，电阻 R 用废弃的 300W 电熨斗丝（2cm）绕成螺旋状制成。

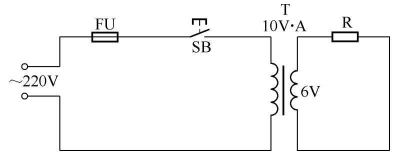


图 10-13　简易低压安全点烟器电路

10-14　自制温度可调的低压电褥子电路

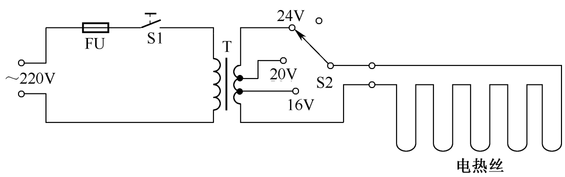


图 10-14　自制温度可调的低压电褥子电路

电褥子采用低电压供电，很安全。制作低压电褥子时应有一个低压变压器，它可把 220V 电压降为 16V、20V、24V 等的电压，变压器功率为 100W 左右。

电褥子的制作方法是：找两张比棉垫稍小的牛皮纸和纸板，用长度为 20m、直径 0.25mm 的 2Q 或 QZ 型漆包线，在纸板上绕成如图 10-14 所示的形状，并用棉线把漆包线固定好。绕完后应测量一下电阻，约为 10Ω，再用另一张纸板盖住并黏合在一起。用电线把两头接好，焊牢引出，并设法把线头固定，防止折断。使用时将它铺在棉垫与棉毯之间。改变电压的高低就可以调节电褥子的温度。

10-15　BZN－5 型电子灭蝇器电路

图 10-15 所示是 BZN－5 型电子灭蝇器电路。220V 交流电经电容及二极管组成的 5 倍整流电路升压，输出 1400V 的高压，接至电网上进行灭蝇。灭蝇时可在电网下边放些诱饵。用此灭蝇器时应特别注意人身安全。在通电时，应设安全隔离区以确保安全。

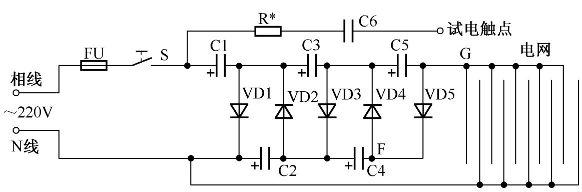


图 10-15　BZN－5 型电子灭蝇器电路

此电路简单易行，可以自制，它每日耗电小于 0.005kW·h。电路中 VD1～VD5 反向电压为 800V，电流为 300mA；电容耐压为 630V，容量则为 0.47μF。

10-16　电子捕鼠器电路

图 10-16 所示是一种简单的电子捕鼠器电路，红黑二接线柱分别接到金属电网上，电网间隙为 2cm。当老鼠接触通电的电网时会被击倒，同时扬声器发出报警信号。此时便可断开电源把老鼠打死，达到灭鼠之目的。

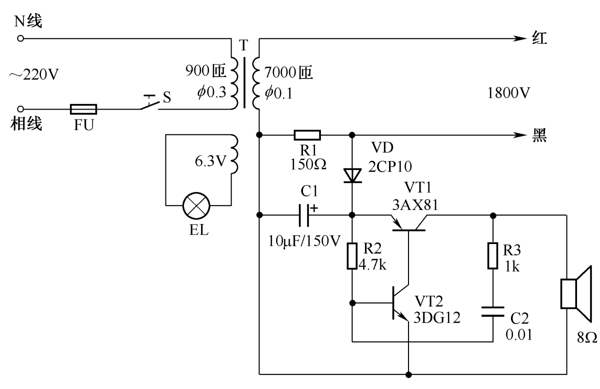


图 10-16　电子捕鼠器电路

在使用这种电子捕鼠器时要有专人值班看守，并应特别注意人身安全，必须设立栅栏，人接近时首先要断开电源。

10-17　冠心病突发报警器电路

平时将冠心病突发报警器置于患者的上衣口袋里，内部的电路不发声；一旦患者倒地，几秒后，电路就发出和救护车一样的警报声。这样周围的人能及时救助或为病人服药，使患者得到及时的抢救。

应用电路如图 10-17 所示，由音响报警和延时两部分电路组成。报警的触发信号由电路中的一个汞开关控制，它由一个装有两个电极和汞的细玻璃管构成。当人直立时，管内的汞与电极不接触，电路与电源断开，报警电路无法工作。当人倒地后，汞开关内的两个电极被汞短路，使电源接通。这时电源通过 RP 向电容 C 充电，当电容上的电压充至可以使 VT1 的发射结和 VZ 导通时，VT1 导通，此时 R1 上的电压使 VT2 导通，于是音响集成电路接通了电源，发出 120 救护车的报警声。电容 C 的充电时间即为电路的延时时间，改变 RP 的阻值可使延时时间在 2～3s 之间。

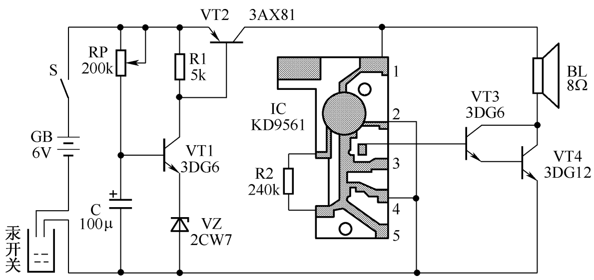


图 10-17　冠心病突发报警器电路

10-18　用音乐集成电路做电子门铃电路

用音乐集成电路做家用电子门铃，体积小，美观价廉。各种接线方式大同小异，电路可参照图 10-18。图中，整机装入小塑料盒内，按钮 SB 装在门框上方。

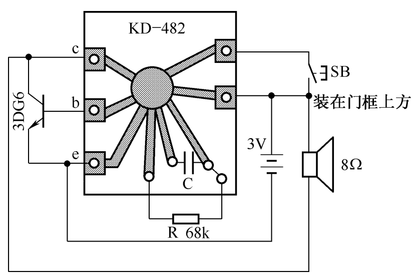
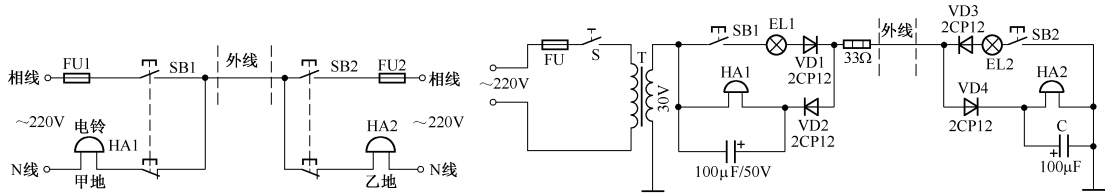


图 10-18　用音乐集成电路做电子门铃电路

10-19　两种单线远程控制双向电铃电路

一种单线远程控制双向电铃电路如图 10-19（a）所示。当甲地按下双挡按钮 SB1 时，电源相线经过 SB1、单根外线并通过乙地的 SB2 按钮的常闭触点与乙地的 N 线形成回路，此时乙地电铃发出响声。由于在按下甲地按钮 SB1 的同时，双挡按钮 SB1 的常闭触点断开，故本地（甲地）电铃不能得电发出响声。同样，当按下乙地



（a）一种单线远程控制双向电铃　　（b）另一种单线远程控制双向电铃

图 10-19　两种单线远程控制双向电铃电路

的按钮 SB2 时，只有甲地电铃得电发出响声，乙地（本地）电铃不发出响声。此电路只有一根外线，具有节约导线、电路简单等优点。安装时，甲地与乙地所接的相线应为电力系统中同一三相四线制的同相线。如果一端为 A 相，另一端为 B 相，则当两端同时按电铃时，将造成 A、B 两相短路。

图 10-19（b）所示是另一种单线远程控制双向电铃电路。它的工作原理是：当按下电铃按钮 SB1 时，远方的讯响器通过 VD1、VD4 得电发出响声；当按下 SB2 时，电源通过 VD2、VD3 使 HA1 得电发出响声。HA1 和 HA2 用 701 型 12V 讯响器，取消外接信号灯，改接一个 51Ω 的电阻即可。

10-20　能传递信号的简单门铃电路

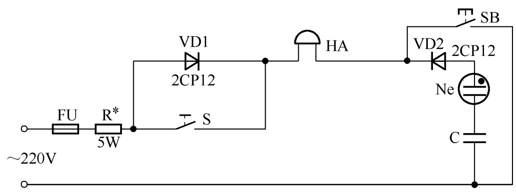


图 10-20　能传递信号的简单门铃电路

图 10-20 所示是一种能传递信号的简单门铃电路，电路中的 Ne 是一盏氖灯。可将荧光灯启辉器中的氖灯和电容由并联改为串联，氖灯装在门外的电铃按钮 SB 旁边。开关 S 装在房内，只有在 S 合上时，门外的氖灯才亮。通过 S 的关闭或打开向门外传递信号。如果氖灯亮，表示屋内有人；如氖灯不亮，表示无人。

10-21　简单的电子报警器电路

图 10-21 所示是一个简单的电子报警器电路。在三极管的基极和发射极之间接入一段直径为 0.1～0.2mm 的铜导线作为保护线，沿着被保护物体的边拉起来。这条保护线电阻不大，因此可以认为三极管的基极和发射极是直接相连的。当保护线未断时，三极管截止，接在三极管集电极的小型继电器不会动作。但是，如果被保护的物体位置移动，将保护线拉断，则三极管导通，继电器 KA 吸合，由继电器触点接通的信号装置（如电铃、电笛等）就会立即发出警报。

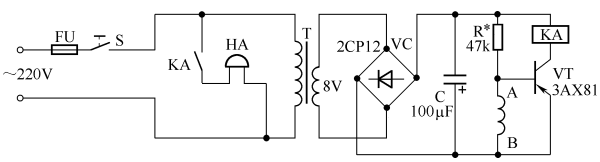


图 10-21　简单的电子报警器电路

10-22　声光报警器电路

图 10-22 所示是可间歇发出报警声光的报警器，可用于铁路道口作禁止通行警示。三极管 VT1、VT2 组成无稳态电路。当接通电源后，无稳态电路开始工作，VT2 不断导通截止，故继电器不断吸合、释放。灯亮和电铃响，取决于 VT2 的导通时间；灯灭、电铃停响，取决于 VT1 的导通时间。

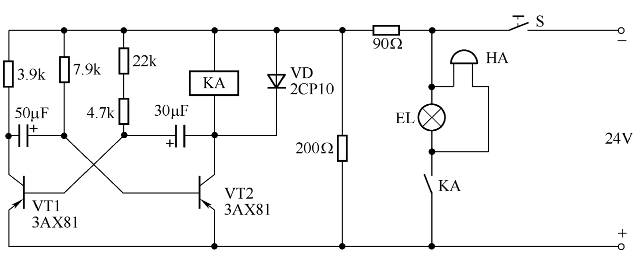


图 10-22　声光报警器电路

10-23　停电报警器电路

有时，电源因故停电时需自动报警，以告知人们尽快排除故障。图 10-23 所示是一种停电报警器电路。当电源正常供电时，KA 继电器吸合，从而使 KA 常闭触点断开，这时电源通过指示灯 EL、二极管 VD 向电解电容 C1 充电。当电源因故障停电后，继电器 KA 释放，KA 常闭触点闭合，使电解电容 C1 向声光报警电路放电，氖

灯发光，扬声器发出报警信号，报警时间为 5～6min。

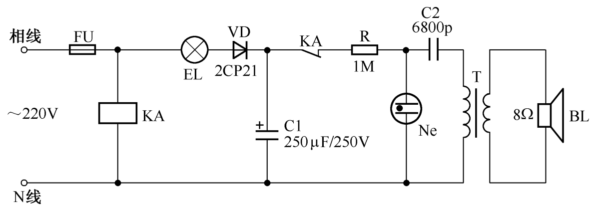


图 10-23　停电报警器电路

10-24　水满报警器电路

图 10-24 所示是一水满报警器电路。工作时将开关 S1、S2 闭合，当水箱里面的水位上升到规定的深度时，两个感应片通过水箱里面的水导通，使继电器 KA 吸合，此时可通过电扬声器发出警报，安全绿灯熄灭、红灯发出亮光显示。整机可装入一个小塑料盒内，a、b 感应片应安装在水箱上口极限处，两片间距 2cm。

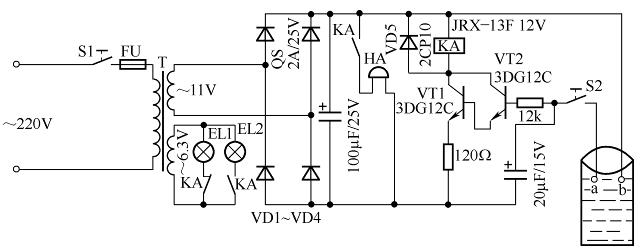


图 10-24　水满报警器电路

10-25　停电/来电报警器电路

在一些重要的工作场所，停电时往往用备用发电机发电来满足用电需要，如电影院、宾馆等场所。而在电网恢复供电时，则希望能迅速停止备用发电机工作，以避免不必要的浪费。图 10-25 所示是一台简单的停电、来电报警器电路，可方便地告知停电、来电的情况。

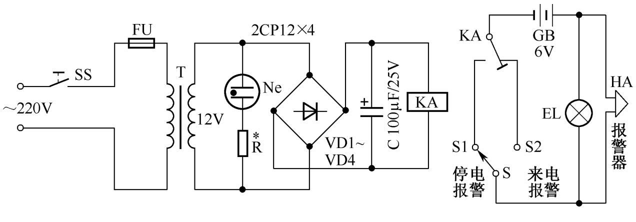


图 10-25　停电、来电报警器电路

当电网正常供电时，氖管 Ne 通电发光，继电器 KA 吸合，此时将开关 S 置于“S1”位置，报警器 HA 和灯泡 HL 不能得电报警。当电网失去电压时，KA 释放，这时接通电路中的报警器电源电路，发出停电报警，这样值班人员能及时开动备用发电机，开机后把开关 S 拨到“S2”位置，为来电报警做好准备。当来电时，报警器发出来电报警信号，告知工作人员电网来电，便可及时停止发电机发电，并改为电网供电。同时将开关 S 置于“S1”位置，报警信号停止，并为下次监测停电做好准备。

10-26　简单断续声报警器电路

图 10-26 所示是一种简单报警器。当合上开关 S 时，扬声器可发出断续的报警信号，调节电位器 R2 可改变声响频率。

它的工作原理如下：当通入电源后，电容 C 充电，随着电容 C 上电压的升高，晶闸管阳极电压升高，这个电压的一部分加在晶闸管的控制极上；当阳极电压和控制极电压达到某一值时，晶闸管导通，电容 C 通过晶闸管及扬声器放电，发出报警声。待电容放电后，电压下降，晶闸管截止，报警声停止。而后电容 C 又重新充电，

这样反复进行，扬声器就会发出断续的报警声。

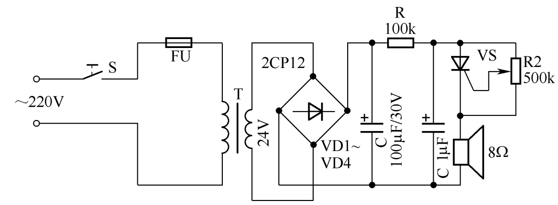


图 10–26　简单断续声报警器电路

10–27　简易声光显示报警器电路

图 10–27 所示是一个简易声光显示报警器电路，可作门铃、水位报警、婴儿尿布湿报警及温度报警和防盗报警等。

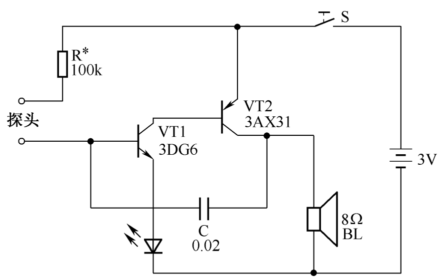


图 10–27　简易声光显示报警器电路

当工作时，把开关 S 闭合，两触点探头接触水面即可报警。若在门和窗的里边靠合页处安装一个探头，在不活动的门或窗框上安装另一个探头，使开门或开窗时探头触点接通，这样就可作防盗报警。

10–28　导线测断仪电路

导线测断仪分发射和接收两部分，如图 10–28 所示。左侧为发射部分，它采用无稳态开关电路，其振荡频率为 109kHz；右侧为接收部分，采用三级阻容耦合放大电路，然后采用两个二极管作倍压检波，并由毫安表指示。

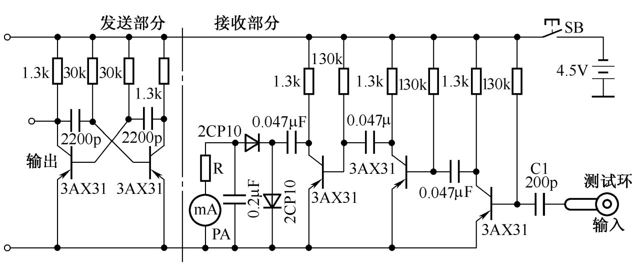


图 10–28　导线测断仪电路

当测试绝缘导线线芯断点时，先将绝缘导线一端的线芯接在发送部分的输出端上，再将电线穿过测试环，并拉动电线，线芯中的信号通过电容耦合到测试环，经放大、整流，使毫安表动作。遇到断点时电表读数明显减小，即可找到断线点。

10–29　多芯电缆断线点检测仪电路

多芯电缆断线点检测仪可对多芯电线、橡皮线等在不破坏内部结构的情况下，测出断线故障点。其电路如图 10–29 所示，虚线框内为接收部分，后一部分为扩音放大部分。检测电线故障点时，把认为断线的那根电线接入 220V 的相线上，使探头（用铁皮剪成的圆圈制成）靠近被测线线皮慢慢移动，这时扬声器里会有

交流声。待移动到交流声中断时，便是电线的断点位置。

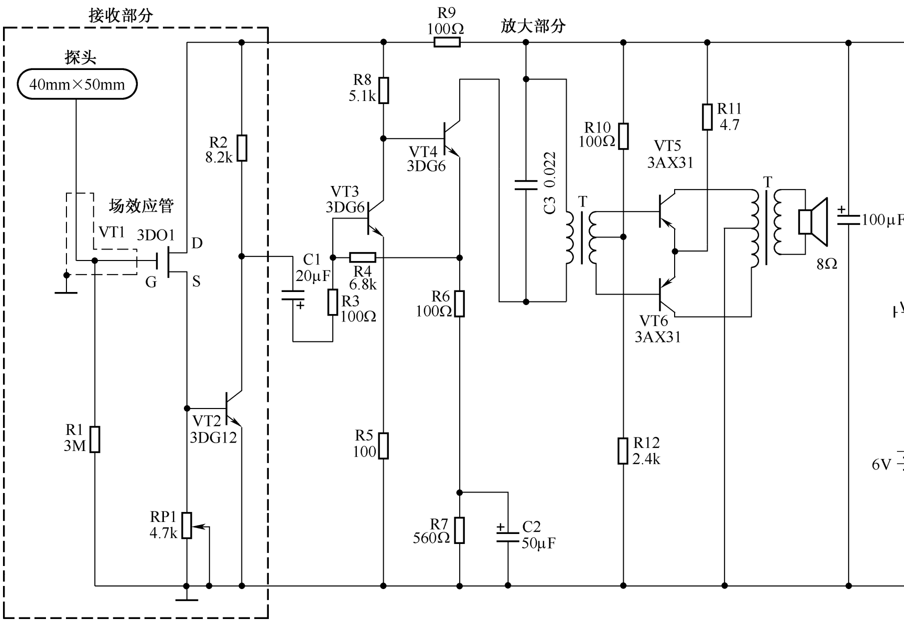


图 10-29　多芯电缆断线点检测仪电路

10-30　断路监视器电路

图 10-30 所示是一种简易的断路监视器。当家用电器熔断器熔断后，发光二极管发亮，指示熔丝已断。电路中的二极管 2CP11 用于保护发光二极管。

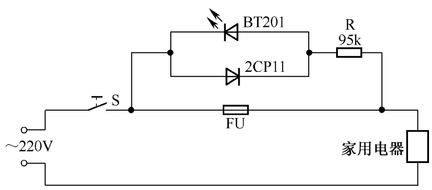


图 10-30　断路监视器电路

10-31　红外线遥控接收电路

如图 10-31 所示，当红外接收管接收到发射器发出的遥控信号后，信号经 KA2184 处理后由⑦脚输出低电平。这一低电平直接加到 VT 的基极，使其导通，它的集电极输出的电流在 R4 上端形成一个高电平输出。这一高电平通过 R6 加至调光电路 LS7232 的辅助输入端（⑥脚），作为调光的控制信号。

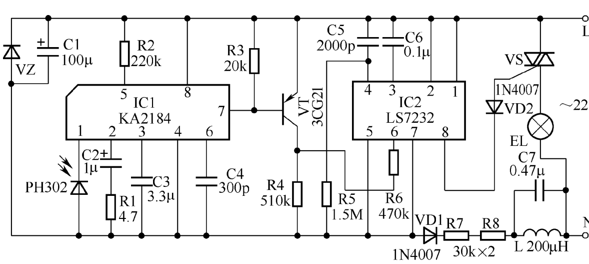


图 10-31　红外线遥控接收电路

接收电路如图 10-31 所示，这是一个红外线遥控调光电路，当它的⑥脚输入触发信号后，它的⑧脚就会连续输出控制双向晶闸管导通角的控制脉冲，使双向晶闸管的导通角在 40°～160°之间变化。随着双向晶闸管导通

角的变化，电灯也由暗变亮或由亮变暗，从而实现对电灯的调光控制。

在调光过程中，当需要电灯由暗变亮时，可按住遥控器的发射按键不断发送控制信号。这时可以看到电灯在逐渐变亮，当达到所需亮度时立即松开发射按键，这时电灯的亮度便稳定在这个位置上。如果连续按下去，电灯又会由亮逐渐变暗，直至熄灭。

需要注意的是：LS7232 是一种 PMOS 型集成电路，因此它的电源极性与常用的 CMOS 电路相反，即它的 V_{DD} 电源端应接电源的负极，而 V_{SS} 端则应接电源的正极。

本电路电源仍采用交流供电、电容 C7 降压、二极管 VD1 半波整流。与其他电容降压的供电电路不同的是，该电源的降压电容 C7 并联了一个 220μH 的电感，它的作用是吸收 LS7232 所产生的谐波，防止它通过电源线干扰其他用电器。

10-32　电子验电器电路

图 10-32 所示是一种电子验电器电路，它无须直接接触带电导体就可以检测有无电压存在，亦可代替高压验电笔，还可以检测电缆电线断线故障。

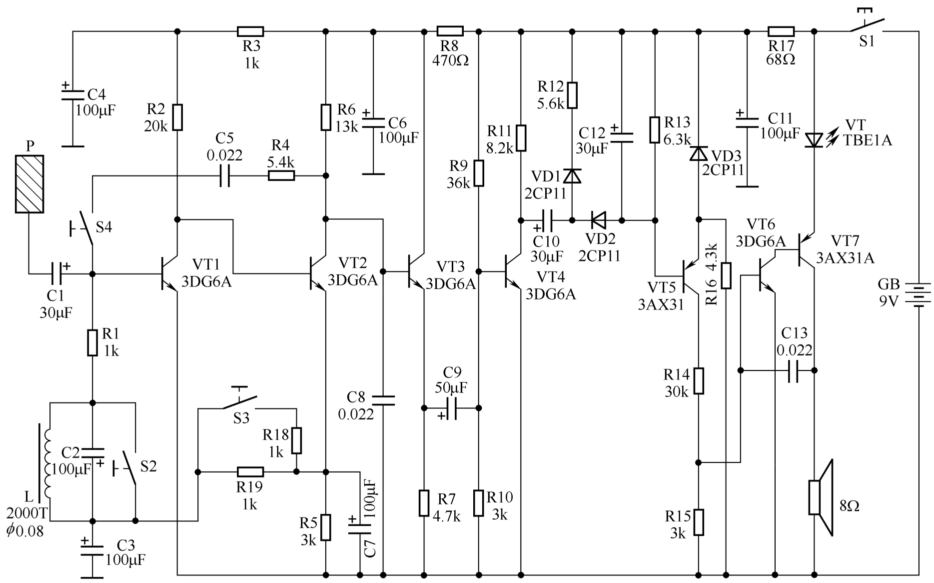


图 10-32　电子验电器电路

当验电器距离低压 220/380V 带电体 3cm、高压 10kV 带电体 0.7m 以内时，便会发出报警音响，并发光指示该物体带有电压。

工作原理：当验电器接近带电体时，验电器的金属板 P 和机壳构成电容器，受交流电产生的电磁场感应产生一交流电压。输入的交流电压先经过 VT1～VT3 三级直流放大后，从 VT3 发射极输出到 VT4 进行交流放大，然后经 VD1、VD2 倍压检波，送入 VT5 直流放大。VT5 在无输入信号时处于截止状态，当输入电压达到 1.3V 以上时才导通。VT6、VT7 组成互补压控振荡器，受 VT5 触发工作，扬声器发出报警音响，发光二极管同时发光。

电路中的 S1 为电源开关，S2 为灵敏调节开关。当合上两开关后，线圈 L 被短路，验电器处于低灵敏度状态，以减少其他电源的干扰。S3 为 S2 的联动开关，当 S2 闭合后，S3 也同时闭合，可增强负反馈，降低灵敏度。

此验电器适用于交流电力电网中，并要求在电力设备不太拥挤的情况下进行测验，以防邻近带电体的干扰。

10-33　用固定三端稳压器组成可连续调节的简易正负直流稳压电源电路

用固定三端稳压器组成可连续调节的简易正负直流稳压电源电路如图 10-33 所示。其中 78、79 系列的三端稳压电路中，由于其输出电压等于标称稳压值与公共接地端电压之和，因此只要给公共端加上一个可调的正负电压，就可以使输出电压高低可调。

图中 N1（7818）的③脚接 RP2 滑动端，N2（7918）的①脚接 RP1 的滑动端。由于 N2 的③、①脚间电压 $U_{31}=-18V$，因此将 RP1 旋到最下端，即电源接地端 0 点，则 $U_{B0}=-18V$。由于 N1 的②、③脚间电压 $U_{23}=$

+18V，因此将 RP2 旋到最上端时 U_{A0} = +18V。若将 RP2 旋至最上端，RP1 从上端旋到下端时，则 U_{B0} = 0～+18V。因此，如果同时调节 RP1 和 RP2，A、B 两点对地 0 点可输出 -18～+18V 的对称可调电压。

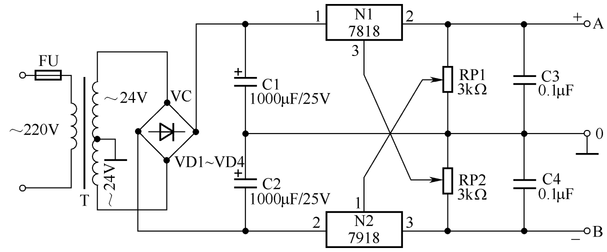


图 10-33　用固定三端稳压器组成可连续调节的简易正负直流稳压电源电路

10-34　双电压可调稳压电源电路

图 10-34 所示的双电压可调稳压电源电路可作为电路实验时经常使用的一种电源。其电流不超过 1A，但两组电压分别可调，且互不影响。

N1、N2 为 78 系列三端稳压集成电路，由于其输出电压等于标称稳压值与公共接地端电压之和，因此只要给公共端加上一个可调的正、负电压，就可以使输出电压高低可调。该电路 N1、N2 公用一组整流电源。变压器 T 的另一组输出，经 VD 整流、C4 滤波、R3 限流、VZ 稳压后，专门提供共地参考负电压，通过开关 S1、S2 可选择加在公共端上的电压极性，再调整 RP1 或 RP2 便可分别调节两路输出电压。按照图示数据，两路输出电压可在 1.5～25V 范围内连续变化，电压稳定度也符合使用要求。当电压调低以后，集成电路的输入/输出电压差很大，功耗相应地增加，因此必须装上散热器。另外，当选择正参考电压时，电位器的滑臂越接近地端，输出电压便越高；而选择负参考电压时，滑臂越接近地端则输出电压越低。

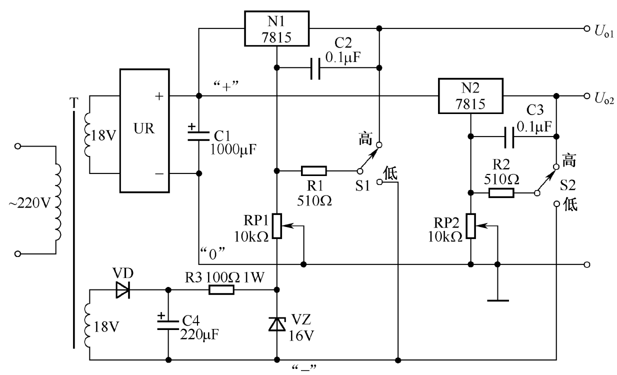


图 10-34　双电压可调稳压电源电路

RP1、RP2 的选取原则是使稳压值略高于集成电路的标称值。稳压电路的输入/输出电压差最大值一般不超过 35V，因此变压器次级电压不宜高于 25V，以免损坏集成电路。

10-35　输出电压可调的稳压电源电路

图 10-35 所示是一种输出电压可调的稳压电源电路。它的制作、调试都很简单。该稳压电路输出电压在 9～18V 之间连续可调，其最大输出电流为 150mA。

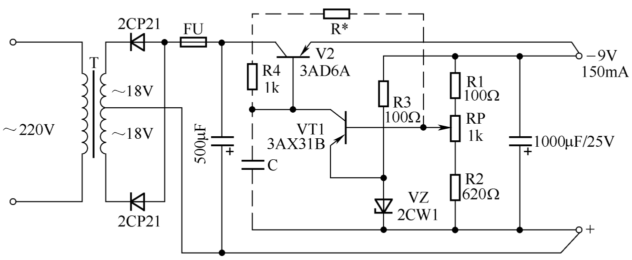


图 10-35　输出电压可调的稳压电源电路

10-36　输出可达 2A 的直流稳压电源电路

图 10-36 所示是一种输出平稳的 2A 直流稳压电源电路，应用于电视机中或其他电源电压为 12V、电流为 2A 的用电器上。电路中的 RP 可调整输出电压。

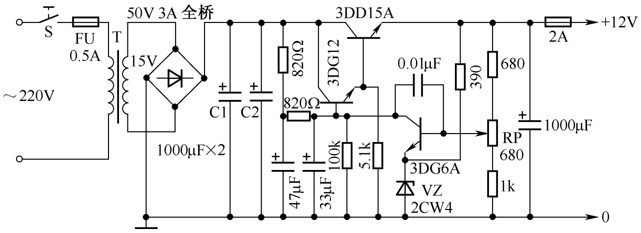


图 10-36　输出平稳的 2A 直流稳压电源电路

10-37　两用直流电源电路

图 10-37 所示是一种可输出两种电压的直流电源电路。当开关拨到“高压”位置时，电路为倍压整流电路，电压相对提高一倍；当开关拨到“低压”位置时，为桥式整流电源，其输出的电压与变压器次级的交流电压基本一致。

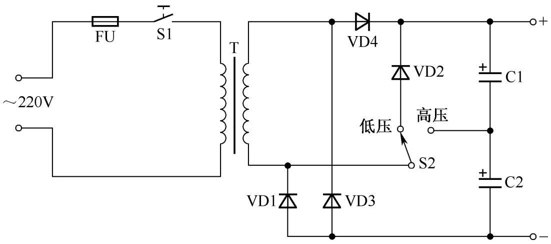


图 10-37　两用直流电源电路

在使用中，要根据负载的实际功率及电压要求来选用变压器和电容。

10-38　两种简易电子调压器电路

简易电子调压器不但能对家用电器的使用电压进行调整，还可以取得一定的节电效果。例如，它可以调节台灯、地灯的亮度；控制电风扇、小鼓风机、手电钻的转速，并实现无级变速；还可调节电烙铁、电熨斗的温度。如图 10-38（a）所示，它由整流二极管、晶闸管、电位器和电容组成。整个电路应与外部完全绝缘。

另一种简易电子调压器如图 10-38（b）所示，此调压器适用于调压范围不大而又对输出波形要求不高的场合。

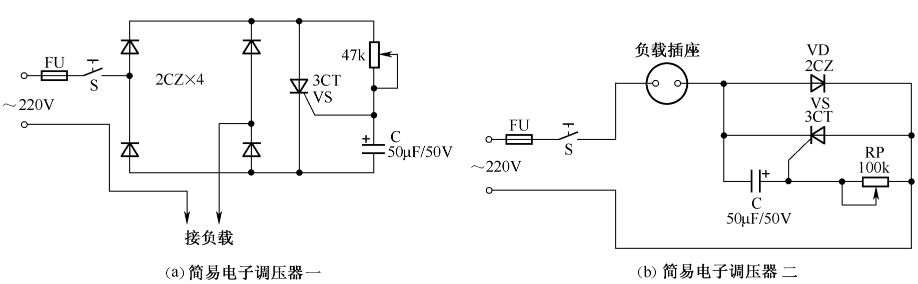


图 10-38　两种简易电子调压器电路

10-39　简单晶闸管交流调压器电路

在很多使用交流电源的负载中，需要完成调光、调温等功能，要求交流电源能平稳地调节电压。图 10-39 所示是一种简单交流调压器电路，它可代替普通交流调压器，其体积小、质量轻、控制方便。

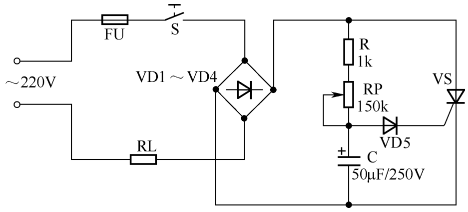


图 10-39　简单交流调压器电路

工作原理：电源经电阻 R 和电位器 RP 向电容 C 充电，当电容上的电压达到一定值时，通过二极管 VD5 和晶闸管控制极，晶闸管触发导通，电流流经负载。晶闸管导通后，触发电路被短接，在交流电压为零时，晶闸管又自动断开，而后触发电路中的电容 C 再次充电，使晶闸管再次导通。改变电容的容量和 RP 阻值，可增大或减小导通角，使输出电压升高或降低，从而起到调压的目的。

晶闸管的反向电压根据电源电压来定，电流参数根据负载 RL 的要求来定。

10-40　晶闸管交流开关电路

晶闸管可用作电气设备的开关，用它的导通与截止来代替电气开关的闭合与断开操作，具有无触点跳动、机械噪声小、射频干扰小、不产生电弧、开关速度高和体积小等优点，特别适用于有危险易燃气体、易引起爆炸的场所。

图 10-40 所示是一种简单的晶闸管交流开关电路。当开关 S1 闭合时，晶闸管导通；当开关 S1 打开时，晶闸管截止。电路中的 R 一般为数千欧的电阻。

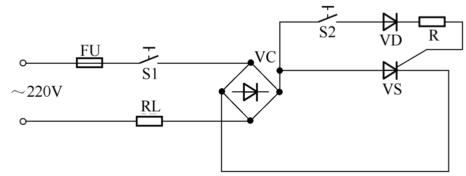


图 10-40　晶闸管交流开关电路

10-41　晶闸管三相交流开关电路

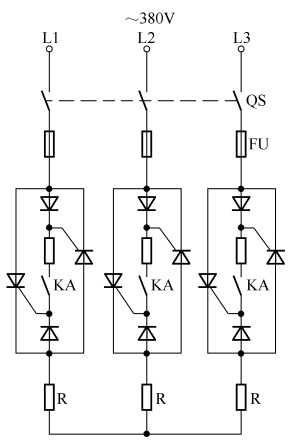


图 10-41　晶闸管三相交流无触点开关电路

图 10-41 所示是晶闸管三相交流无触点开关电路，它可避免交流接触器用作交流开关时噪声大、耗电多的缺点。

KA 为继电器触点。当继电器触点 KA 闭合时，三相电路接通；KA 断开时，三相电路被切断。

这种三相交流开关可用来控制三相异步电动机、三相电炉等。

10-42　学校铃声定时电路

一般学校上课都由人来控制拉铃，但铃声时间长短不一，难以掌握。装一个定时器控制响铃时间便可解决这一问题。工作原理如图 10-42 所示。拉铃时按下按钮 SB，此时时间继电器 KT 得电吸合，电铃也同时得电发出铃声，松开按钮 SB，由于 KT 吸合，KT 常开触点自锁，直到时间继电器经过调定的时间后（调定时间可调到 1min 或根据需要调整），其延时断开的常闭触点动作断开，使时间继电器线圈失电释放，KT 常开触点断开，铃声停止。

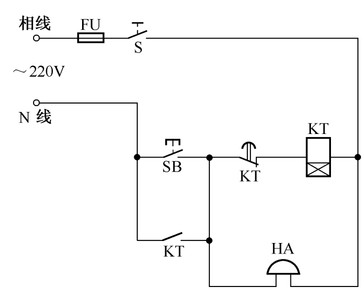


图 10-42　学校铃声定时电路

10-43　纽扣电池充电电路

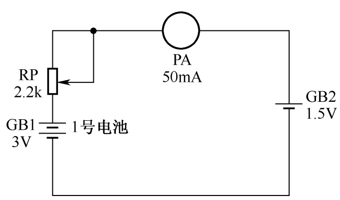


图 10-43　纽扣电池充电电路

图 10-43 所示是一种最简单的纽扣电池充电电路。将两节 1 号电池串联，再串联一个数千欧的电位器和一块万用表，量程拨到电流挡 50mA。充电开始时，调电位器，将充电电流调到 25mA。当充电电流降至几毫安时，证明充电完毕。电池放置一天后，观察电池不漏液、不变形，才可继续使用。

10-44　蓄电池恒流充电装置电路

在蓄电池充电电路中，目前广泛采用自耦变压器和变阻器来调节充电电流，它的缺点是必须不断地监视和调节电流。图 10-44 所示是一种能自动保持充电电流在给定值上的电路。它采用在变压器一次侧绕组中串联电容的方法，使充电过程中电容和绕组之间的电压不断重新分配，因而使充电电流保持给定值。

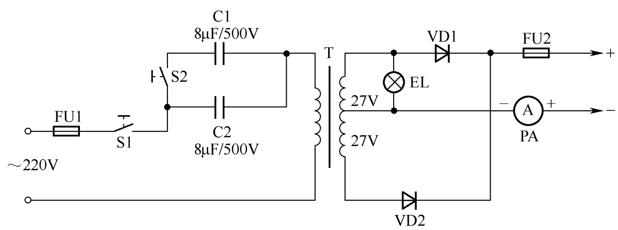


图 10-44　蓄电池恒流充电装置电路

为使充电电流保持在 5.5A 左右，变压器应选用功率大于 170W 的，二次侧每半个绕组空载电压约为 27V 为宜。开关 S2 可用于选择电容容量，从而控制充电电流，闭合时，充电电流约为 5.5A。

10-45　超声波遥控开关电路

超声波遥控开关电路的发射电路如图 10-45（a）所示。它采用分立器件构成，VT1 和 VT2 及 R1～R4、C1、C2 构成自激多谐振荡器，超声发射器件 BL1 被连接在 VT1 和 VT2 的集电极回路中，以推挽形式工作，回路时间常数由 R1、C1 和 R4、C2 的值确定。发射电路中，VT1 和 VT2 选用 CS9013 或 CS9014 等小功率三极管，$\beta \geqslant 100$。超声发射器件选用 SE05－40T，电源 GB 采用一节 9V 叠层电池，以减小发射器的体积和质量。

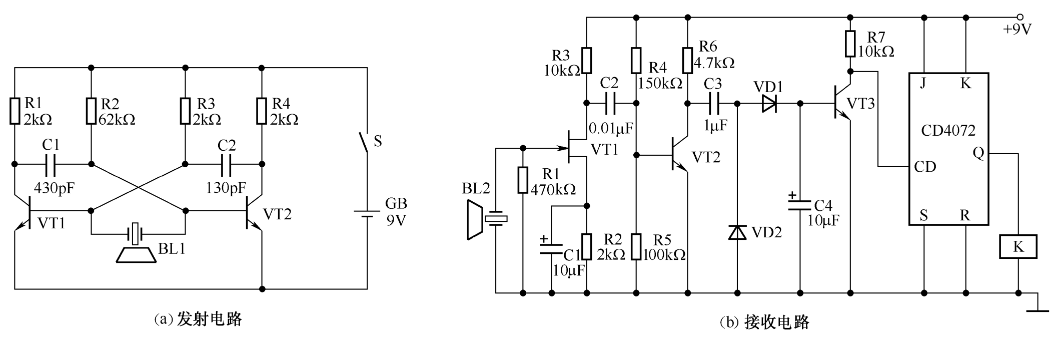


图 10-45　超声波遥控开关电路

图 10-45（b）所示为接收电路。结型场效应管 VT1 可构成高输入阻抗放大器，能够很好地与超声接收器件 BL2 相匹配，可获得较高的接收灵敏度及选频特性。VT1 采用自给偏压方式，改变 R3 的值即可改变 VT1 的静态工作点。超声接收器件 BL2 将接收到的超声波转换为相应的电信号，经 VT1 和 VT2 两极放大后，再经 VD1 和 VD2 进行半波整流变为直流信号，由 C3 积分后作用于 VT3 基极，使 VT3 由截止变为导通，其集电极输出负脉冲，触发 JK 触发器，使其翻转。JK 触发器 Q 端的电平直接驱动继电器 K，使 K 吸合或释放。由继电器 K 的触点控制电路的开关。接收电路中，VT1 选用 3DJ6 或 3DJ7 等小功率结型场效应三极管。VT2～VT3 选用 CS9013，

$\beta \geqslant 100$。VD1 和 VD2 选用 1N4148。JK 触发器型号为 CD4072。超声接收器件选用 SE05－40R，与 SE05－40T 配对使用。继电器 K 选用 HG4310 型。

10－46　直流耐压试验和泄漏电流的测量电路

直流耐压试验是在被试物上加上数倍于工作电压的直流电压，并经历一定时间的一种抗电强度试验。泄漏试验测量被试物在不同直流电压作用下的直流泄漏电流值。直流耐压试验和泄漏试验统称为直流试验。试验原理与测量绝缘电阻时完全相同，只是试验用直流电源一般由高压整流设备供给，并用微安表指示泄漏电流值，升压过程中可以随时监视微安表的读数并测量伏安特性。其优点在于：试验电压可随意调节，这就便于观察泄漏电流随外加电压上升而变化的规律，比用兆欧表测量绝缘电阻更易发现被试物的绝缘缺陷。

直流高压试验采用直流高压发生器，从微安表上直接读取其泄漏电流值。试验电路如图 10－46 所示。

试验步骤如下。

（1）按电路图进行接线。

（2）通电前，必须认真检查接线，看调压变压器的位置是否在零位。

（3）合上电源，调节试验电压，使其逐步升到所需的数值。

（4）对被试设备试验前，必须先测试验设备和接线的泄漏电流，并做好记录。然后接被试物试验，最后测得的结果必须减去试验设备和接线的泄漏电流。

（5）试验过程中，可将所加电压分 2～5 段，逐段升压，每点停留 1min，再读取数值，以减少充电电流的影响。

（6）试验过程中，若有击穿、闪络、微安表大幅度摆动或电流突变等异常情况，应立即降压，断开电源，查明原因并处理完毕后再做试验。

（7）每次试验完毕，必须将被试物经电阻对地充分放电。

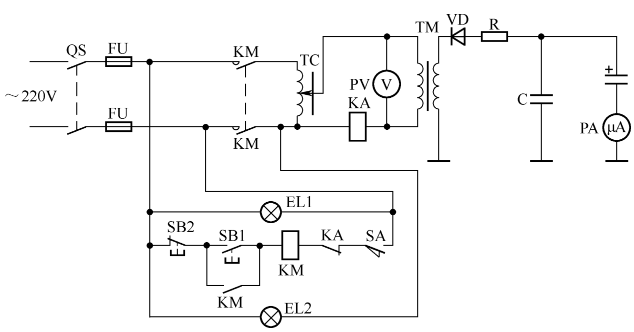


图 10－46　直流耐压试验和泄漏电流的测量电路

10－47　塑料袋封口机控制电路

图 10－47 所示的塑料袋封口机控制电路，通过 NE555 时基集成电路接成单稳态延时电路，来控制电热元件的通电时间和被热合塑料的固化时间。在封口机的胶木压板上嵌入永久磁钢，贴近固定台板下安装干簧管 KR。

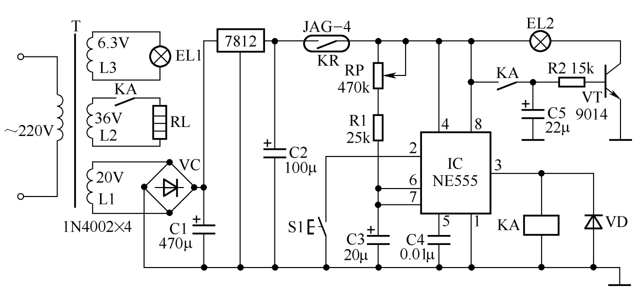


图 10－47　塑料袋封口机控制电路

接通电源，电源指示灯 HL1（绿）亮。变压器 T 的 L1 输出电压经 VC 整流，三端稳压器 7812 稳压及 C1、C2 滤波，得到 12V 直流电压。当封口机的胶木压板压下时，嵌在压板上的永久磁钢靠近装在固定台板下的干簧管 KR，干簧管常开触点闭合，接通 555 时基集成电路 IC 的电源，进入准备状态。按下微动开关 S1，IC 进入暂态，③脚为高电平，继电器 KA 得电吸合，其常开触点闭合，电热片 RL 得电加热，热合塑料袋袋口。同时，继电器 KA 的另一常开触点闭合，使三极管 VT 导通，加热定时指示灯 HL2（红）亮，同时也给 C5 充电。延时结束，IC 组成的单稳态电路翻转，又进入稳态，继电器 KA 失电释放，电热片 RL 失电，停止对塑料袋袋口加热。

塑料袋袋口热合后，不能马上拉起，须有几秒的固化过程，以防焊缝撕裂。设置 VT、C5 就是为了在 RL 停止加热后，给正在热合的塑料固化时间。当 KA 失电释放后，其常开触点断开，便切断 VT 基极供电电路，这时 C5 放电，继续维持 VT 的基极电流，红灯继续亮。几秒后 C5 放电完毕，红灯熄灭时放松、拉起胶木压板，永久磁钢也随之离开，干簧管 KR 常开触点复位，IC 失电而停止工作。

10-48　简易升压电路

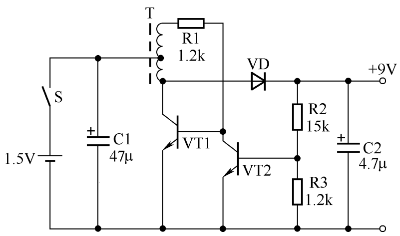


图 10-48　简易升压电路

一般万用表中 10kΩ 挡使用的是 9V 或 15V 叠层电池，往往因使用时间较长、容量不足而导致 10kΩ 挡不能正常使用。现介绍 1.5～9V/15V 的升压电路，它可用来取代万用表内的 9V 或 15V 叠层电池。

1.5～9V 的升压电路如图 10-48 所示。图中，三极管 VT1、VT2 及升压变压器 T 等组成 DC－DC 转换电路，将 1.5V 直流电压升至 9V，供万用表 10kΩ 挡测量电阻时使用三极管 VT1、升压变压器 T 和电阻 R1 组成高频自激振荡电路，其振荡频率在 100kHz 以上，当接通电源自激振荡电路起振后，三极管 VT1 的集电极便产生一个峰值达到数十伏的反向电压，经二极管 VD 半波整流、电容器 C2 滤波、电阻 R2 和 R3 分压、三极管 VT2 放大，使 VT1 的基极获得一个稳定的工作电压。由于三极管 VT2 的稳压作用，其输出端即得到 9V 直流电压供万用表 10kΩ 挡使用。电路中，VT1、VT2：NPN 型三极管，可选用 3DG12 或 9013。VD：1N4148 型二极管。T：在 ϕ10mm 高频磁环上用 ϕ0.21mm 高强度漆包线绕 46 匝，在 22 匝处抽头。

10-49　多功能电焊机电路

多功能电焊机电路如图 10-49 所示，它配用专用焊钳，可进行铜管碳阻焊、金属板料点焊及其他金属件电阻焊。使用时，S 置于“S－1”时，控制电路不起作用，220V 电压直接由变压器 T 降压输出；S 置于“S－2”时，由晶闸管 VS 构成的调压电路工作。当 C1 的充电电压高于双向触发二极管 VD 的导通电压时，双向晶闸管 VS 得到触发而导通，交流电经 VS 加到变压器 T 的一次侧绕组，由 T 降压输出。调节 RP、C1 的充放电时间，进而晶闸管 VS 的导通角发生变化，输出电压、输出功率也发生相应的变化，以适应不同的焊接需要。

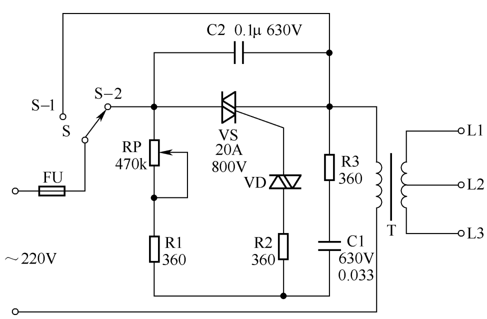


图 10-49　多功能电焊机电路

第 11 章

照明电路

11-1　荧光灯接线电路

荧光灯大量应用于家庭及公共场所等地方的照明，具有发光效率高、寿命长等优点。正确连接荧光灯电路是荧光灯正常工作的前提。图 11-1 为荧光灯的一般接线图。荧光灯的工作原理是：当开关闭合，电源接通后，灯管尚未放电，电源电压通过灯丝全部加在启辉器内两个双金属触片上，使氖管中产生辉光放电发热，两触片接通，于是电流通过镇流器和灯管两端的灯丝，使灯丝加热并发射电子。此时由于氖管被双金属触片短路停止辉光放电，双金属触片也因温度降低而分开，在此瞬间，镇流器产生相当高的自感电动势，它和电源电压串联后加在灯管两端引起弧光放电，使荧光灯点亮。

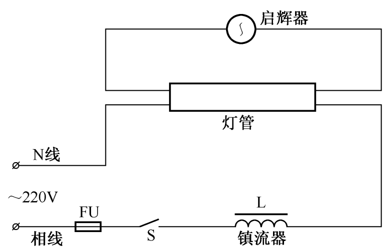


图 11-1　荧光灯接线电路

11-2　双荧光灯的户外广告双灯管接法

双荧光灯接线电路如图 11-2 所示。一般在接线时尽可能地减少外部接头。安装荧光灯时，镇流器、启辉器必须和电源电压、灯管功率配合。这种电路一般用于厂矿和户外广告等要求照明度较高的场所。

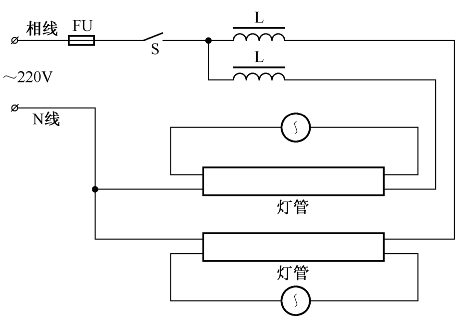


图 11-2　双荧光灯的户外广告双灯管接法

11-3　荧光灯在低温低压情况下接入二极管启动的接线法

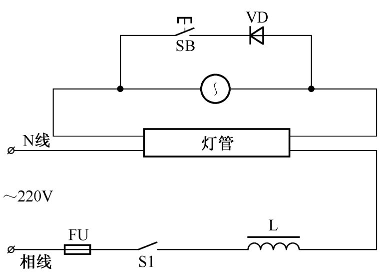


图 11-3　荧光灯在低温低压情况下接入二极管启动的接线法

在温度或电压较低的情况下，荧光灯灯丝经多次冲击闪烁，仍不能启辉，将影响灯管使用寿命。如果改进接线电路，则可解决在低温低压下启动困难的问题。从图 11-3 中可看出，把启动开关合上，交流电经整流后，变成脉动直流电，通过荧光灯灯丝的电流较大，容易使管内气体电离。另外，这种脉动的直流波形使镇流器产生的瞬时自感电动势也较大。所以一般 SB 合上 1～4s 即断开，荧光灯随即启辉。SB 可用电铃按钮，二极管可选用 2CP3、2CP4、2CP6 等。此法一般适用于功率较小的荧光灯，且由于启辉时电流较大，启动开关 SB 不要按得太久。

11-4 用直流电点燃荧光灯电路

如图 11-4 所示为用直流电点燃荧光灯电路，可用来直接点燃 6～8W 荧光灯。实际上它是由一个三极管 VT 组成的共发射极间歇振荡器，通过变压器在二次侧感应出间歇高压振荡波来点燃荧光灯。

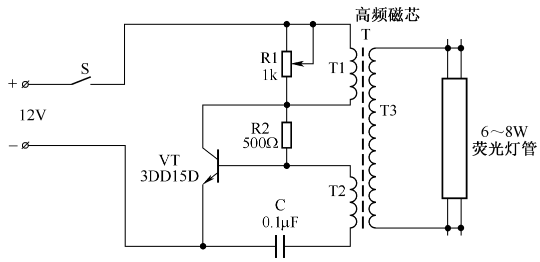


图 11-4 用直流电点燃荧光灯电路

电路中的 R1 和 R2 为 0.25W 电阻，电容 C 可在 0.1～1μF 范围内选用，改变 C 的阻值，间歇振荡器的频率也会改变。变压器 T 的 T1 和 T2 为 40 匝，线径为 0.35mm；T3 为 450 匝，线径为 0.21mm。

11-5 具有无功功率补偿的荧光灯电路

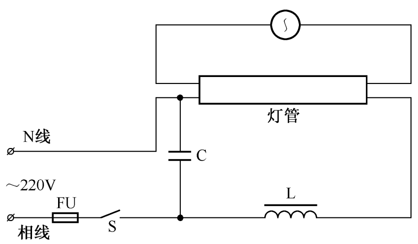


图 11-5 具有无功功率补偿的荧光灯电路

由于镇流器是一个电感性负载，它需要消耗一定的无功功率，致使整个荧光灯装置的功率因数降低，影响了供电设备能力的充分发挥，并且降低了用电地点的电压，对节约用电不利。为了提高功率因数，在使用荧光灯的地方，应在荧光灯的电源侧并联一个电容器，这样，镇流器所需的无功功率可由电容器提供，如图 11-5 所示。电容器容量的大小与荧光灯功率有关。荧光灯功率为 15～20W 时，选配电容容量为 2.5μF；荧光灯功率为 30W 时，选配电容容量为 3.75μF；荧光灯功率为 40W 时，选配电容容量为 4.75μF。所选配的电容耐压均为 400V。

11-6 荧光灯四线镇流器接法

四线镇流器有四根引线，分主、副线圈，主线圈的两引线和二线镇流器接法一样，串联在灯管与电源之间。副线圈的两引线串联在启辉器与灯管之间，帮助启动用。由于副线圈匝数少，交流阻抗亦小，如果误把它接入电源主电路中，就会烧毁灯管和镇流器。所以，把镇流器接入电路前，必须看清接线说明，分清主副线圈。也可用万用表检测，阻值大的为主线圈，阻值小的为副线圈。正确接线如图 11-6 所示。

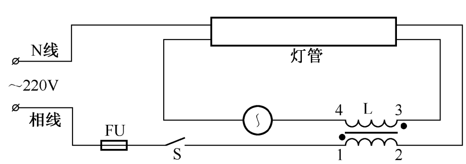


图 11-6 荧光灯四线镇流器接法

11-7 荧光灯节能电子镇流器电路（一）

荧光灯节能电子镇流器电路如图 11-7 所示，它具有工作电压宽、低压易启动，工作时无蜂音、无闪烁、节能省电等特点。

由 VD1～VD4、Cl 组成桥式整流滤波电路，把交流 220V 转换成 300V 左右的直流电，供振荡激励电路使用。R1、C2、双向触发二极管可构成触发起振电路，VT1、VT2 及相应元件构成主振电路。在 VT1、VT2 截止时，自感扼流圈 B1、B2 产生高压，启动荧光灯管，C5、R7 的作用是消除因瞬间高压对荧光灯灯丝的冲击而形成的灯

管两端早期老化发黑现象，以延长灯管的使用寿命。

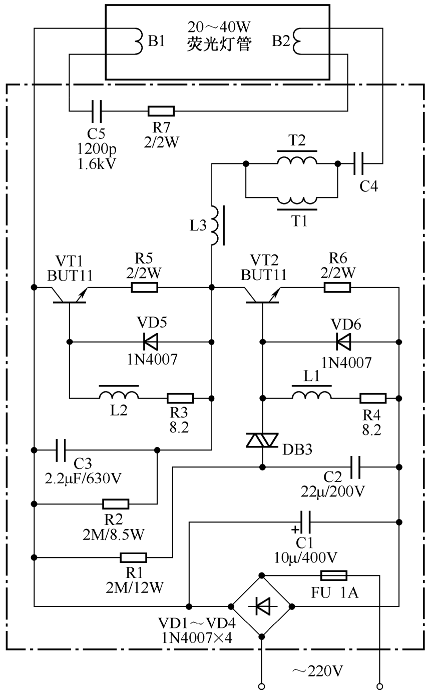


图 11-7　荧光灯节能电子镇流器电路一

11-8　荧光灯节能电子镇流器电路（二）

图 11-8 所示是又一种形式的荧光灯节能电子镇流器电路。图中，VD1～VD4、C1、C2 可构成桥式整流滤波电路，完成交流 220V 到直流 300V 的转换。R7、R6 是起振电阻，为 VT2 提供起始导通偏置电压，从而激发 VT1、VT2 形成高频自激振荡。B1 为高压产生自感扼流圈，C3、VD5、VD6、C7 可组成软启动电路，使电路工作点的建立得以延时，使荧光灯管的灯丝预热时间延长，以利于灯管的迅速启动，延长其使用寿命。

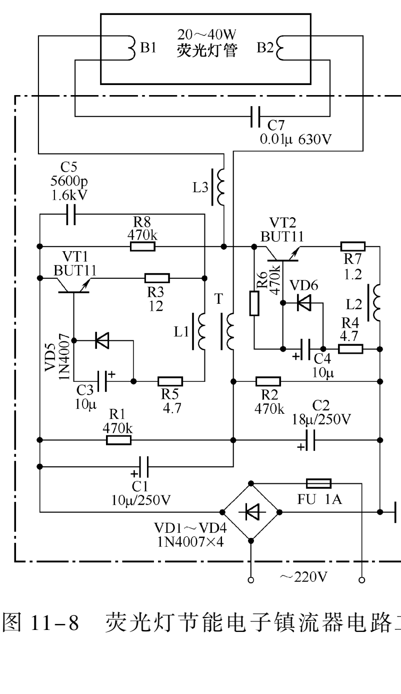


图 11-8　荧光灯节能电子镇流器电路二

11-9 紧凑型 12V 直流供电的 8W 荧光灯电路

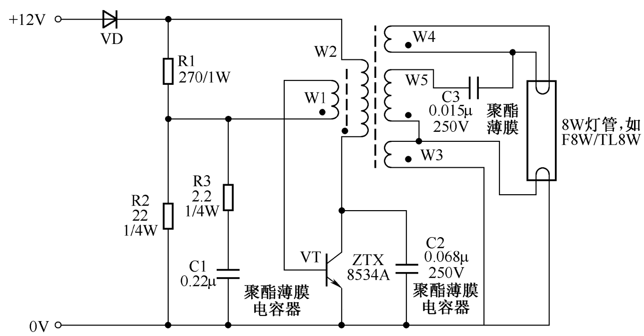


图 11-9 紧凑型 12V 直流供电的 8W 荧光灯电路

紧凑型 12V 直流供电的 8W 荧光灯电路如图 11-9 所示。该电路具有防止电源供电电压接反的电源供电极性保护电路（利用二极管 VD 实现），工作频率为 20kHz。电路中的电阻 R1 的参数为 270Ω、1W，电阻 R2 的参数为 22Ω、1/4W，用于为功率振荡开关管 VT1 提供上、下偏置电源，使电路能够可靠起振。变压器的 W1 绕组为正反馈绕组，W2 为主绕组，电路通过 W2 绕组为功率振荡开关管供电。由于 W1 绕组的正反馈作用，在电路刚一加电期间，功率振荡管迅速饱和，有一个大电流通过绕组 W2，使变压器 T 的磁芯磁饱和，但这时由于正反馈绕组 W1 的作用，功率振荡开关管的基极偏置电压下降，基极注入电流减小。同样，由于正反馈绕组 W1 的作用，功率开关振荡管关断，如此周而复始，使电路振荡，变压器的 W3、W4 和 W5 绕组输出高频振荡电压，为荧光灯负载供电。

11-10 探照灯、红外线灯、碘钨灯、钠灯接线电路

探照灯适用于铁路、建筑工地及远距离照明。只要探照灯的额定电压和电源电压一致，即可直接并联在电源上，如图 11-10（a）所示。

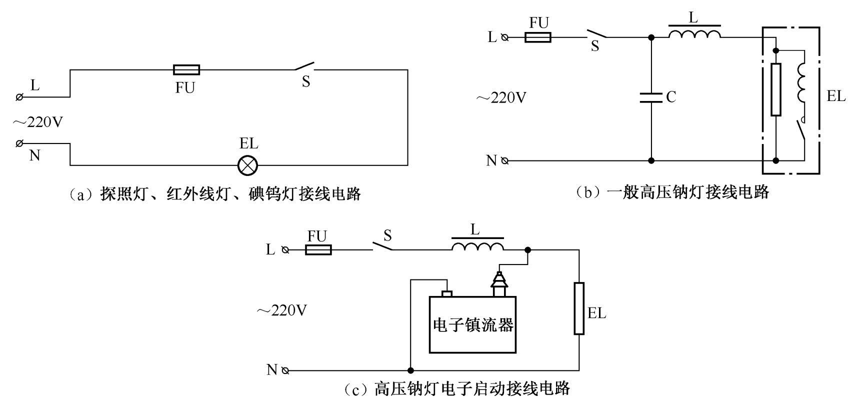


图 11-10 探照灯、红外线灯、碘钨灯、钠灯接线电路

红外线灯主要应用于医疗化工等方面，其接线电路同上。

碘钨灯具有体积小、使用时间长、光线好、光效高等优点，灯管两端的接线柱也同样直接与电源相连接。

另外，自镇流高压汞灯、工厂安全型照明灯、普通反射型灯、白炽灯都可按图 11-10（a）接线。

钠灯多用于路灯照明，它分低压和高压两种，一盏 90W 低压钠灯的亮度相当于一盏 250W 的高压汞灯的亮度，故广泛用于道路、车站、广场等场所。图 11-10（b）所示为一般高压钠灯接线电路，高压钠灯 EL 为启动热控开关，镇流器 L 产生脉冲高压，将 EL 内部击穿放电，在启动结束后，热控开关靠放电管的高温保持继续断开。图 11-10（c）所示为高压钠灯电子启动接线电路。

11-11 紫外线杀菌灯接线电路

紫外线杀菌灯适用于医学、制药工业方面，灯与电源接线如图 11-11 所示。紫外线杀菌灯必须配接符合配套要求的专用漏磁变压器。

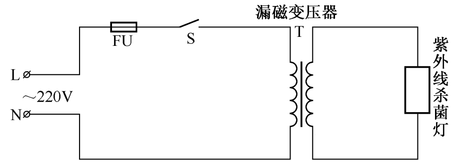


图 11-11　紫外线杀菌灯接线电路

11-12　高压汞灯接线电路

高压汞灯具有节省电能、发光效率较高、寿命较长、安装电路简单、外形美观等优点，故得到广泛应用。接线电路如图 11-12 所示。

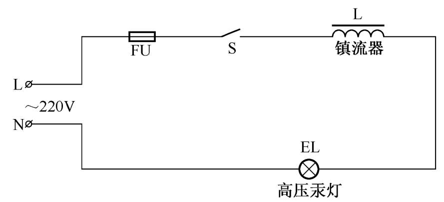


图 11-12　高压汞灯接线电路

使用高压汞灯应注意以下几点。

（1）电源波动不宜过大，如果使用中电源电压中途下降 5%，有可能造成灯泡熄灭，熄灭后也不能及时重燃。

（2）灯泡与镇流器要配套使用。高压汞灯座额定功率必须足够大，以防止灯泡热量过高而烧坏灯座。另外，反射型高压汞灯、反射型黑光高压汞灯均可按图 11-12 接线。

11-13　管形氙灯接线电路

图 11-13 所示是管形氙灯接线电路。$\phi1$ 为高压输出端，应注意绝缘。触发控制端在触发时电流很大，需配上一个 CDC10-20 接触器。启动时按下按钮 SB，灯管即可点燃，电路中的 $\phi3$ 接相线，$\phi4$ 接中性线，$\phi1$、$\phi2$ 接灯管两端。

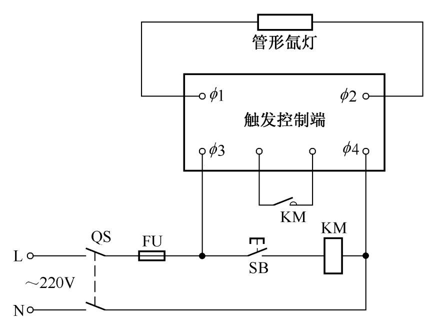


图 11-13　管形氙灯接线电路

11-14　白炽灯接线电路

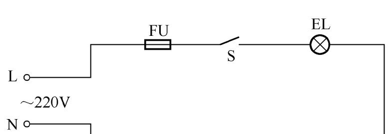


图 11-14　白炽灯接线电路

白炽灯灯具的接线安装要做到安全、经济、美观、合理，并且便于维修。白炽灯一般选用一只单连开关控制一盏灯的电路，也是一种最简单、最常用的方法。开关 S 应安装在相线上，开关及灯头的功率不能小于所安装灯泡的额定功率。螺口灯头接线，灯头中心应接相线。照明灯安装在露天场所时，要用防水灯座和灯罩，并且应考虑灯泡的额定电压符合电源电压的要求，N 线不允许串联熔断器。接线如图 11-14 所示。

11-15　用两个双连开关在两地控制一盏灯电路

有时为了方便控制照明灯，需要在两地控制一盏灯。例如楼梯上使用的照明灯，要求在楼上、楼下都能控

制其亮灭。它需要用两根连线，把两个开关连接起来，这样可方便地控制灯的亮灭。这种连接方法也广泛应用于家庭装修控制照明灯中，接线方法如图 11-15（a）所示。另一种电路可在两开关之间节省一根导线，同样能达到两个开关控制一盏灯的效果，这很适用于两开关较远的场所中，缺点是电路由于串联了整流管，灯泡的亮度会降低一些，一般可应用于亮度要求不高的场所，如图 11-15（b）所示。

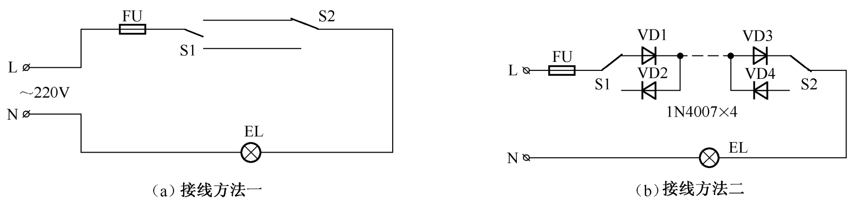


图 11-15　用两个双连开关在两地控制一盏灯电路

11-16　用三个开关控制一盏灯电路

在日常生活中，经常需要用两个或多个开关来控制一盏灯，如楼梯上有一盏灯，要求上、下楼梯口处各安装一个开关，使人员上、下楼时都能开灯或关灯。这就需要一灯多控。图 11-16 所示是用三个开关控制一盏灯电路。开关 S1 和 S3 用单刀双掷开关，而 S2 用双刀双掷开关。S1、S2、S3 三个开关中的任何一个都可以独立地控制电路的通断。

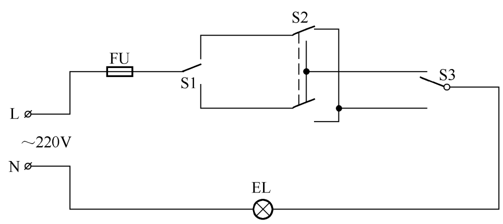


图 11-16　用三个开关控制一盏灯电路

11-17　将两个 110V 灯泡接在 220V 电源上使用的电路

某些地区用的电源电压为 110V，而目前我国绝大多数地区所用的电源电压为 220V，按图 11-17 所示的接线方法可将两个 110V 的灯泡接在 220V 电源上使用，接线方法为串联。注意：两个 110V 的灯泡功率必须相同，否则，灯泡功率比较小的一个将极易烧坏。用这种方法，可以充分利用现有设备在不同场合中合理使用，利用起来也很方便。

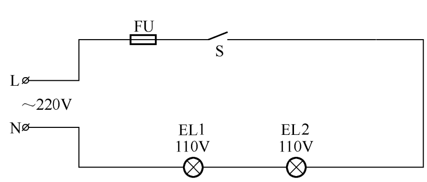


图 11-17　将两个 110V 灯泡接在 220V 电源上使用的电路

11-18　低压小灯泡在 220V 电源上使用的电路

一般低压小灯泡接入 220V 交流电源时需要一个变压器，这样体积增大，价格也高。例如将低压灯泡和一个容量合适的电容串联后，就可直接接入 220V 电源，如图 11-18 所示。这种方法简便易行，应用安装体积也较小，如在车床上安装指示灯时可采用。

串联的电容器起降压作用，其容量要适当，过大会烧坏灯泡，过小则灯光太暗，可根据实验而定。它的估

算公式为

$$C = 15I(\mu F)$$

式中，I 为低压灯泡的额定电流（A）。另外，电容的耐压值要大于 300V。低压灯泡的这种使用方法应特别注意绝缘保护，以防触电。

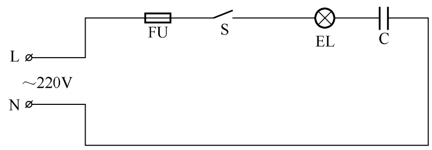


图 11-18　低压小灯泡在 220V 电源上使用的电路

11-19　延长白炽灯寿命常用技巧电路

在楼梯、走廊、厕所等场所使用的照明灯，照明度要求不高，但由于夜晚电压升高或在点燃瞬间受大电流冲击的影响，很容易烧坏灯泡。因此需要经常更换，一来造成浪费，其二使电工工作量增大。目前很多地方都采用一种延长寿命的简便方法，那就是将两盏功率相同、耐压均为 220V 的白炽灯串联，一起连接在电压为 220V 的电源回路里，如图 11-19 所示。这种方法简便易行，故被广泛应用。因为每个灯泡的电压降低了，故发光效率也降低了。此电路一般用于要求照明度不高的场所。

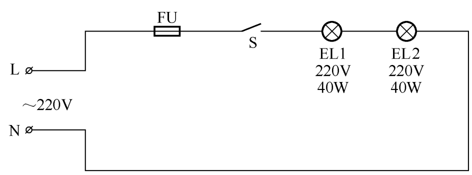


图 11-19　延长白炽灯寿命常用技巧电路

11-20　用二极管延长白炽灯寿命的电路

在楼梯、走廊、厕所等照明亮度要求不高的场所，可采用这个方法延长灯泡寿命，即在拉线开关内加装一只耐压大于 400V、电流为 1A 的整流管。

它的工作原理是：220V 交流电源通过半波整流使灯泡只有半个周期中有电流通过，从而达到延长白炽灯寿命的目的，但灯泡亮度会降低一些。此方法也有很好的应用价值，如图 11-20 所示。

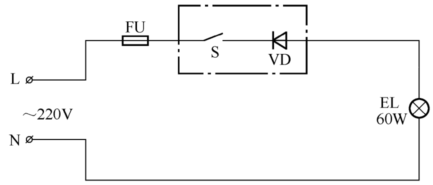


图 11-20　用二极管延长白炽灯寿命的电路

11-21　简易调光灯电路

图 11-21 所示是一种简易调光灯电路，光线的调节由多挡开关 S 控制。当 S 拨到“1”时灯灭；当 S 拨到“2”时，灯因与电容连接发出微光；当 S 拨到“3”时，电源经二极管半波整流给灯泡供电，灯泡亮度约为平时的一半；当 S 拨到“4”时，灯泡在额定电压下工作，亮度最高。

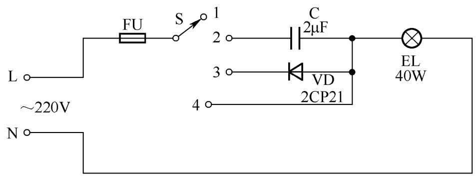


图 11-21　简易调光灯电路

11-22　简单的晶闸管调光灯电路

图 11-22 所示是一种简单的晶闸管调光灯电路。将电路中电位器 RP 的阻值调小时，晶闸管导通角增大，灯光亮度增强；阻值调大时，晶闸管的导通角减小，灯光亮度减弱。它还可用于电热器加热温度的调节。

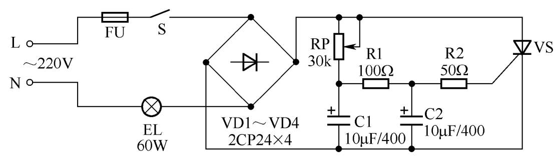


图 11-22　简单的晶闸管调光灯电路

11-23　用 555 集成电路组成的光控灯电路

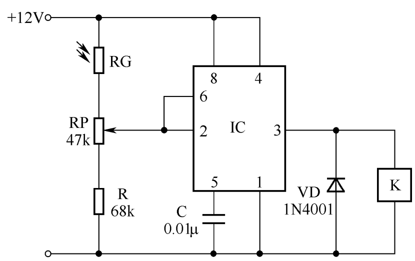


图 11-23　用 555 集成电路组成的光控灯电路

用 555 集成电路组成的光控灯电路如图 11-23 所示，它可用在需要电灯自动点亮和熄灭的任意场合。

图中，555 时基电路 IC 与光敏电阻 RG、可调电阻器 RP 等组成滞后比较器。当白天光线照射光敏电阻 RG 时，其阻值变小、IC 的②、⑥脚升至 2/3 V_{DD} 电压时，③脚输出低电平，继电器 K 无电不动作，其常开触点断开灯泡电源，灯泡不亮；入夜无光线照射光敏电阻 RG 时，其阻值变大，IC 的②、⑥脚电压降至 1/3 V_{DD} 电源电压时，③脚输出高电平，继电器 K 得电动作，其常开触点闭合，接通灯泡电源，灯泡点亮。元器件中，K 为 12V 直流继电器，可选 HG4085；RG 为光敏电阻，选 MG-41 或 MG-24，其亮阻小于 10kΩ，暗阻大于 10kΩ。

11-24　无级调光台灯电路

自制一台小型晶闸管调光器，可根据需要随意调整台灯的亮度，不但能为人们在工作或家庭生活中带来方便，还可以达到节电的目的。

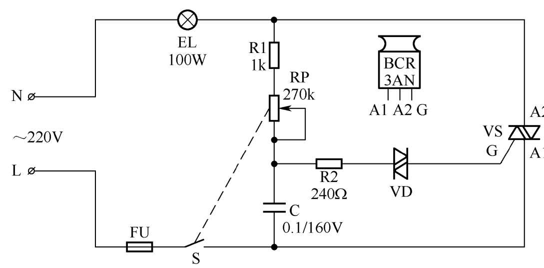


图 11-24　无级调光台灯电路

无级调光台灯电路如图 11-24 所示。R1、RP、C、R2 和 VS 组成移相触发电路，在交流电压的某半周，220V 交流电源经 RP、R1 向 C 充电，电容 C 两端电压上升。当 C 两端电压升高到大于双向触发二极管 VD 的阻断值时，VD 和双向晶闸管 VS 才相继导通，然后，VS 在交流电压零点时截止。VS 的触发角由 *RP*、*R*、*C* 的乘积决定，调节电位器 RP 便可改变 VS 的触发角，从而改变负载电流的大小，即改变灯泡两端电压，起到随意调光的作用。

本电路可将电压由 0V 调整到 220V。晶闸管调光具有调光范围大、体积小、电路简单易制作等优点。整机可安装在一个很小的盒内或安装在台灯底座下。电位器 RP 可选用带开关的中型电位器，电位器上的开关可做台灯开关用。晶闸管 VS 应选用 3A、400V 以上型号的，台灯灯泡选用 60～100W 的白炽灯。

11-25　路灯光电控制电路

一种简单的光控开关电路如图 11-25 所示。晚上（照明度低）光敏电阻 GR 的电阻增大，VT1 的基极电流减小直至截止，于是 VT2 也截止。VT2 的集电极电压上升使 VT3 导通，继电器 KA 吸合，点亮路灯。早上天亮（照度高），GR 的阻值减小，使 VT1 导通，于是与上述过程相反，关闭路灯。继电器 KA 为 JRX-13F 型。

电源变压器采用二次侧输出为 12V 的小型电源变压器，功率约 2V·A 即可。桥式整流器采用 2CP10 型整流管。

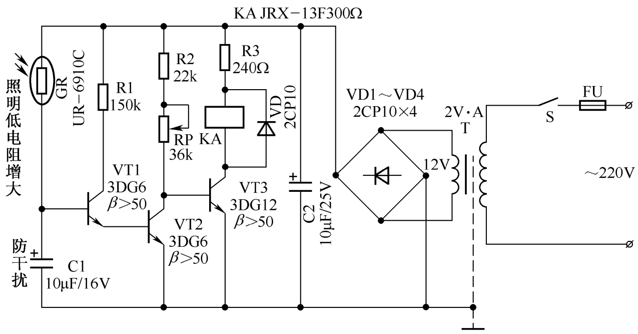


图 11-25　路灯光电控制电路

11-26　光控路灯电路

JCG－KS 是一个固态继电器和一个光敏电阻 RH 组成的路灯自动控制器。由于固态继电器的固有特性，照明灯泡能随着自然光线的亮暗逐渐点亮，电路如图 11-26（a）所示。

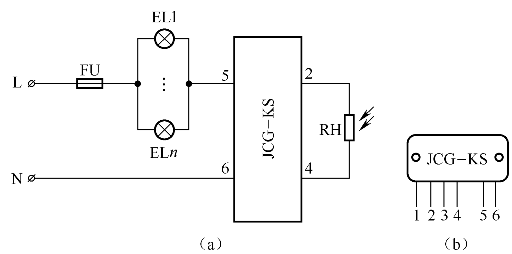


图 11-26　光控路灯电路

JCG－KS 固态继电器具有通断速度快、寿命长等特性。当白天光敏电阻 RH 受到自然光线照射呈低电阻时，JCG－KS 输出端⑤、⑥脚相当于开路，路灯 EL1～ELn 不亮。黄昏，由于天色变暗，RH 阻值逐渐增大，当到达某一定阻值时，JCG－KS 迅速导通，但由于自然光线是逐渐变暗的，一旦自然光很暗时，RH 呈高阻值，JCG－KS 全导通，路灯也就全亮了。

元器件选择：RH 选用亮阻≤1kΩ、暗阻≥1MΩ 的硫化镉光敏电阻器；JCG－KS 可根据所接灯泡多少及功率大小来选择。

11-27　照明灯自动延时关灯电路

在走廊、门厅或楼梯口的照明灯开关旁边常见到贴有“人走灯灭”或“随手关灯”字样的提示纸条，可实际上很难真正做到人走灯灭，常常还是照明灯彻夜长明，既费电，又缩短了灯泡寿命。如图 11-27 所示的电路可以有效地实现“人走灯灭”。

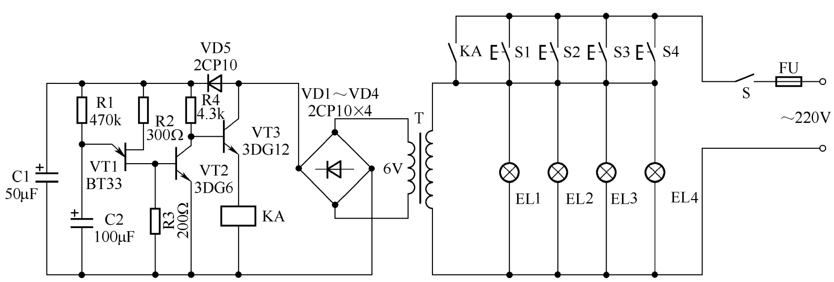


图 11-27　照明灯自动延时关灯电路

电路中的 Sl、S2、S3、S4 分别是设在四层楼楼梯上的开关，EL1、EL2、EL3、EL4 四盏灯分别装在四层楼的楼梯上。当人走进走廊里后，按下任何一个按钮开关，四盏照明灯全部接通电源发光，照明一段时间，待人走进房间后，照明灯就会自动熄灭。

电路中的继电器选用 JRX－13F 小型灵敏继电器，EL1～EL4 灯泡选用 15W 为宜，调节 R1 可改变延时时间。

11-28 楼房走廊照明灯自动延时关灯电路

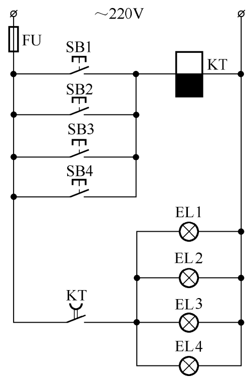


图 11-28 楼房走廊照明灯自动延时关灯电路

图 11-28 所示为楼房走廊照明灯自动延时关灯电路。当人走进楼房走廊时，按下任何一个按钮，KT 失电延时时间继电器都吸合，使 KT 延时常开触点闭合，照明灯点亮。然后行人开始行走，待人走到室内后，失电延时断开的常开触点经过了一段时间后打开，使走廊灯自动熄灭。

电路中的延时继电器选用 JS7-4A 断电延时时间继电器。线圈电压为 220V。这种延时时间继电器在线圈得电后动作，使 KT 吸合，然后在线圈失电后延迟一段时间后才断开，此方法简单易行，非常方便。

11-29 人体感应延时灯光控制电路

人体感应延时灯光控制电路如图 11-29 所示。当有人进入控制区时，白炽灯会自然点亮；而当人走过或在控制区内静止不动时，它会延时一段时间自动关灯。但是，只要人在被控制的范围内活动，灯就会照明。这种装置还设有光控电路，在室内可见度较好的环境下，尽管人来人往，由它控制的灯不会点亮。

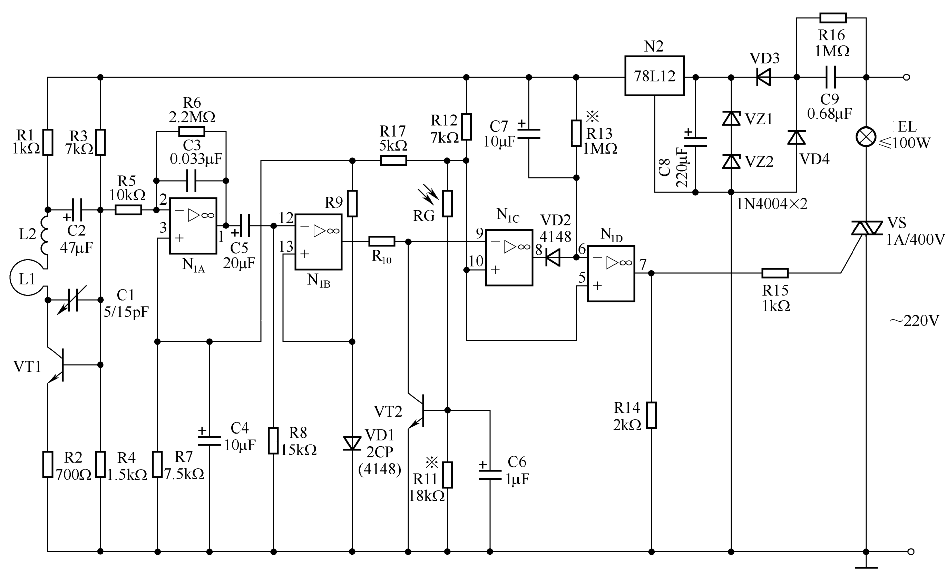


图 11-29 人体感应延时灯光控制电路

三极管 VT1、L1、L2、C1 及 R1～R4 等组成近微波段自激振荡电路，其振荡频率在 700～1000MHz 范围内可调，由微调电容器 C1 设定。所产生的电磁波由 L1 发射到周围空间，其辐射面积在 50～80m^2，且无方向性。当有人在该范围内活动时，根据电磁波的多普勒效应，人体的反射波将被 L1 接收到，使 VT1 的振荡频率和幅度产生变化，电容器 C2 正端的电位发生波动。电位波动的频率与人体活动的快慢有关，而幅度与人体至 L1 的距离有关。该波动电位信号经电解电容器 C2 和电阻 R5 耦合到运算放大器 N_{1A}的反相输入端②脚进行高增益放大。为了使 N_{1A}输出电压幅度变化最大，其同相输入端③脚的偏置电压设定在直流电源电压的一半处，即 +6V 左右。也就是说，适当地选取 R7、R17、R12 等的电阻值，使 N_{1A}静态时输出端①脚电位为 6V。当有人在灯下被监控范围内活动时，N_{1A}输出端①脚电位就会在 6V 左右变化。这个变化的电信号通过 C5、R8 微分，送到 N_{1B}进行比较放大，这时 N_{1B}的输出端将在 0～+10V 之间大幅度变化，再送入比较器 N_{1C}进行比较。当 N_{1C}的反相输入端电压高于同相输入端电压时，N_{1D}的输出立刻由高电位转化为低电位，二极管 VD2 导通，使 N_{1D}的反相输入端电位低于同相输入端电位，N_{1D}输出端⑦脚呈高电位，通过 R15 触发双向晶闸管 VS 导通，白炽灯泡 EL 点亮。

11-30　晶闸管自动延时照明开关电路

晶闸管自动延时照明开关电路如图 11-30 所示。二极管 VD2～VD5 组成电桥，其中一个对角线上的两个接点接晶闸管 VS；另一个对角线上的两个接点引出，接在原来的照明开关的接线头上。当 SB 闭合时，在交流电源的一个半周时间，晶闸管 VS 导通，使电桥的对角线短路，因而照明灯亮；当 SB 打开时，电容 C 经 R1、VD1 向晶闸管控制极放电，使得通过晶闸管控制极的电流继续保持，这样照明灯在电容放电的一段时间内延时点亮，然后熄灭。

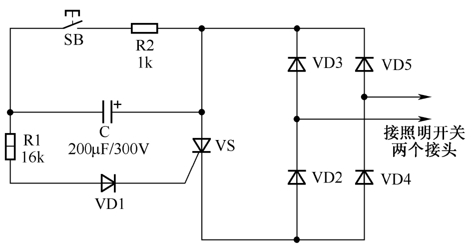


图 11-30　晶闸管自动延时照明开关电路

在装此电路时，若按下 SB 照明灯不亮，可重新选择电阻 R1 的阻值。电路中晶闸管与二极管的型号由负载电流的大小决定。

11-31　门控自动灯电路

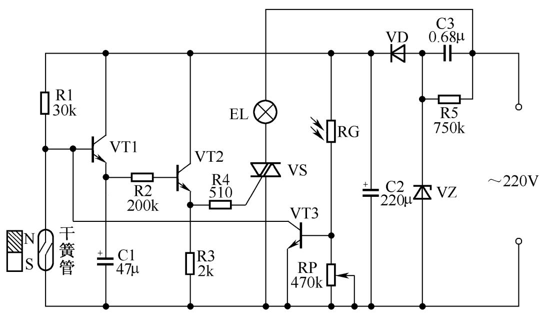


图 11-31　门控自动灯电路

门控自动灯电路由门控开关、延时电路、光控电路、电源电路和双向晶闸管 VS 等组成，如图 11-31 所示。在夜间打开门时，自动点亮门厅或走廊的照明灯，过一段时间后又自动熄灭。而白天开门时，照明灯则不亮。

在白天，光敏电阻器 RG 受自然光线照射而呈低阻状态，VT3 导通，此时不管门是否打开，VT1 的基极均为低电平，VT1 和 VT2 均截止，VS 也处于截止状态，照明灯 EL 不亮。在夜间，RG 因无光照射面阻值增大，使 VT3 截止。由于门是关闭的，干簧管内部的触点开关处于接通状态，故 VT1 的基极仍为低电平，VT1、VT2 和 VS 均截止，EL 不亮。当门被打开时，干簧管内部的触点开关断开，VT1 因基极变为高电平而导通，使 VT2 和 VS 均导通，照明灯 EL 点亮。

VT1～VT3 均选用电流放大倍数大于 100 的硅 NPN 型三极管，如 S9013、S8050 等型号。VD 选用 1N4007 硅整流二极管。VZ 选用 1W、12V 硅稳压二极管，如 1N4142 型号。VS 选用 1A、400V 以上的双向晶闸管，如 MCA94A4 或 MAC97A6 等型号。RG 选用 MG45 系列光敏电阻器，RP 选用小型膜式电位器。C1、C2 均选用耐压值为 25V 的电解电容器。C3 选用 CBB 无感电容器。

11-32　广告创意 16 功能彩灯控制电路

广告创意 16 功能彩灯控制电路以集成电路 SH805 为核心，能提供 16 种花样的光控功能，它电路简单、控制方便、功能新颖齐全，可广泛用于节日喜庆娱乐场所、广告牌及各种灯光装饰。

广告创意 16 功能彩灯控制电路如图 11-32 所示。电源电压经 VD1～VD4 桥式整流、R1 降压、VZ 稳压，C 滤波，为 SH805 提供 4.5V 工作电压。R2 将 220V 交流电降压，为 SH805 提供同步信号。R3 为 SH805 的振荡电阻。输出部分采用 MCR100-6 型小型塑料单向晶闸管，负载可接节日灯串（4 路 140 头彩灯）、塑料霓虹灯带 8～12m 或发光二极管（串联）若干。SB 为功能设定按钮，每按一下，IC 就改变其当前的功能，转换到下一段功能，并予以锁定。16 种功能如下：

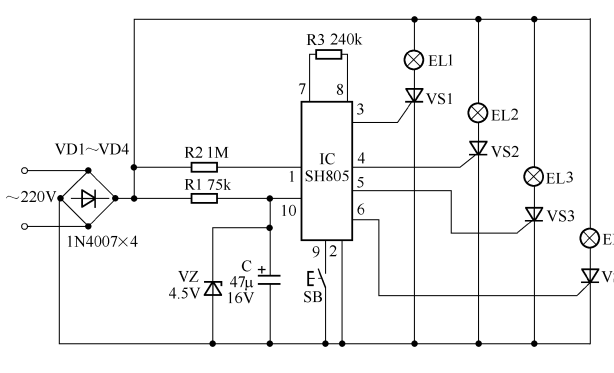


图 11-32　广告创意 16 功能彩灯控制电路

（1）依次亮，同时灭；

（2）四灯渐亮渐暗；

（3）四点追逐，自动变速；

（4）全亮，间隔灯光；
（5）16 段功能大轮流；
（6）逐个亮，依次灭；
（7）星星闪烁，跑马式自动变化；
（8）四灯大闪烁；
（9）两灯一组，交替闪烁；
（10）逐个点亮，群灯慢灭；
（11）全亮；
（12）倒顺流水，波浪式前进后退；
（13）星星闪亮；
（14）按 AB→BC→CD→DA 倒顺流水，自动变化；
（15）跑马式前进后退，星星闪亮自动变化；
（16）相邻两灯一亮一暗，依次向前。

以上 16 种功能程序，每种程序重复 3～4 次，并用 2～3 种速度自动渐次交换，可产生绚丽多姿、光彩迷人的效果。

制作时，VD1～VD4 采用 1N4007，VZ 用 4.5V 稳压管，IC 用彩灯专用集成电路 SH805，VS1～VS4 用 MCR100－6 或 PCR406 单向晶闸管，C 用 47μF/16V 电解电容器，R1 用 75kΩ1/8W 电阻，R2 用 1MΩ1/8W 电阻，R3 用 240kΩ1/8W 电阻。SH805 的主要特性：

（1）工作电压最小为 2.4V，最大为 5.5V，典型为 4.5V；
（2）正常工作电流为 2mA，每路输出触发电流为 300mA；
（3）有四路输出；
（4）可用按键对 16 种功能进行选择、转换并予以锁定。

11-33　彩灯控制集成电路 BH9201 电路

BH9201 是一种低功耗并采用 CMOS 工艺制造的彩灯控制专用集成电路。其内部由振荡器、分频器、输出驱动等组成，可直接驱动晶闸管，从而控制彩灯呈现“跳跃”、“流水”、“全亮”三种状态，其应用电路图如图 11-33 所示。②脚、③脚是内部振荡器的输入端，外接振荡电阻 RP、振荡电容 C2；⑤脚、⑥脚、⑦脚、⑧脚为振荡器的输出端；④脚为供电端。

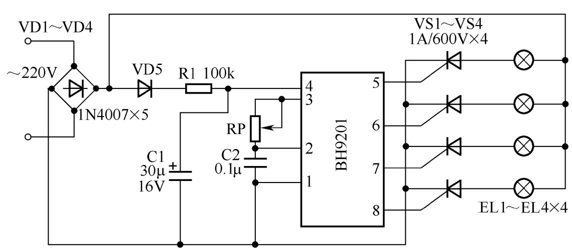


图 11-33　彩灯控制集成电路 BH9201 电路

11-34　声控音乐彩灯电路

声控音乐彩灯电路如图 11-34 所示。这种电路的特点是：电路简单，元器件少，不用调试，成本低，灵敏可靠。

音频变压器 T 取自低放电路为变压器耦合方式的收音机，采用功放输出变压器，这里的一次侧、二次侧正好与功放电路中相反，原扬声器一端在这里作为一次侧，变压器在这里起升压作用，将 IC 放大的音频信号进一步升压后以推动双向晶闸管，同时还起隔离作用，防止 220V 交流电对前级电路的影响。制作时，最好将变压器重新改造，再在一次侧、二次侧之间加强绝缘，以利安全。一次侧 L1 用 0.15mm 的漆包线绕 400 匝，二次侧 L2 用 0.1mm 的漆包线绕 1200 匝。一次侧、二次侧间的绝缘用多层牛皮纸。

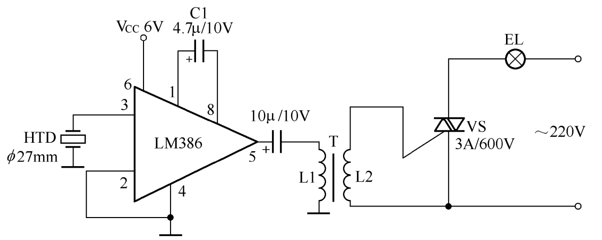


图 11-34　声控音乐彩灯电路

11-35　追逐式彩灯电路

本例是一种跳跃感特别强的新颖彩灯，其控制闪亮顺序采取 1→3→2→4 的跳马追逐方式，电路如图 11-35 所示。

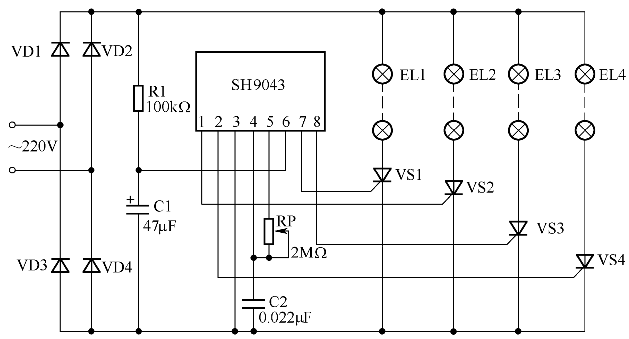


图 11-35　追逐式彩灯电路

二极管 VD1～VD4 组成桥式整流电路，输出全波整流电压作为 4 路彩灯的电源，同时通过限流电阻 R1 并经电容 C1 滤波后作为集成电路 SH9043 的电源。电位器 RP 和电容 C2 是 SH9043 的外接电阻和电容，调节 RP 可以调节芯片内部振荡器的振荡频率，从而改变 4 路彩灯跳马追逐速率，闪光频率可以在 1～200Hz 之间变化。集成电路的①脚、②脚、⑦脚、⑧脚分别与晶闸管 VS2、VS4、VS1、VS3 的控制极相连。4 路输出信号用来控制晶闸管的导通与否，从而使得串联在晶闸管阳极回路中的灯串 HL1～HL4 闪亮。

制作时，集成电路用 SH9043，VD1～VD4 用 1N4004 型二极管，VS1～VS4 用 2N6565 型单向晶闸管。R1 用 RTX-2W 型碳膜电阻器，RP 用 WH5 型合成碳膜电位器；C1 用 CD11-10V 型普通电解电容器，C2 可用 CT1 型瓷介电容器；EL1～EL4 用功率小于 100W 的市售彩灯串，也可用 60 个 3.8V 的小电珠串联而成。

11-36　简易光控路障灯电路

图 11-36 所示是一种简易光控路障灯电路。将路障灯安装在有路障（如正在施工）的地方，白天它不亮；当夜幕降临时，该灯能自动打开闪闪发光，提醒行人及车辆注意安全。

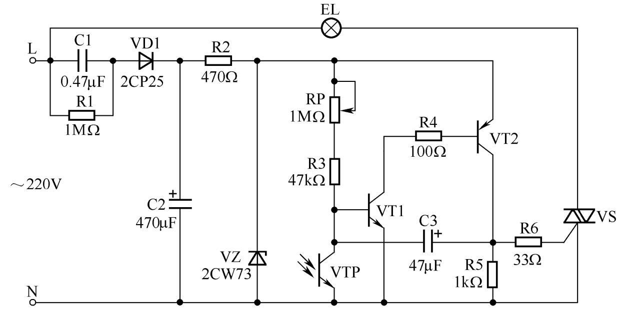


图 11-36　简易光控路障灯电路

图中 C1、C2、VD1 组成电容降压式半波整流滤波电路。R2 和 VZ 稳压二极管组成稳压电路。VTP 是光敏三极管，它与 VT1、VT2 组成互补多谐振荡器。在白天，VTP 呈现低阻状态，VT1 截止，VT2 不导通，VS 也呈截止状态，灯泡 EL 不亮。入夜，VTP 无光照射呈高阻状态，VT1 基极电位升高。当 VT1 基极电位升到 0.7V 左右时，电路起振，VT2 集电极输出脉冲信号触发晶闸管 VS 导通，灯泡 EL 闪闪发光。改变 C3 的容量可以改变闪光

频率。调节 RP 可以调节电路在某种光照强度下起振。

11-37　自动调光灯电路

本调光灯可以根据周围其他灯光的亮暗程度自己调节亮度。其他灯足够亮时，它不亮；其他灯偏暗时，它自动点亮，其他灯光越暗，它就越亮。它适于做歌舞厅的自动补光灯，也适于照相、摄像时用，电路如图 11-37 所示。图中，RG 是光敏电阻，它与 RP2 分压后控制光的强弱。当由 VT2 集电极向 C3 上充电的电压达到一定数值时，VT1 导通，双向晶闸管获得触发而导通，调光灯 EL 点亮。当周围其他灯光较暗时，VT4 导通，VT2 对 C3 充电电流增大，晶闸管触发导通角增大，EL 亮度增大；当其他灯光较亮时，C3 充电较慢，EL 亮度减小；当周围光线达到设定的亮度要求后，由 RP2 设定数值，使 C3 没有充电电流，双向晶闸管截止，EL 不亮。

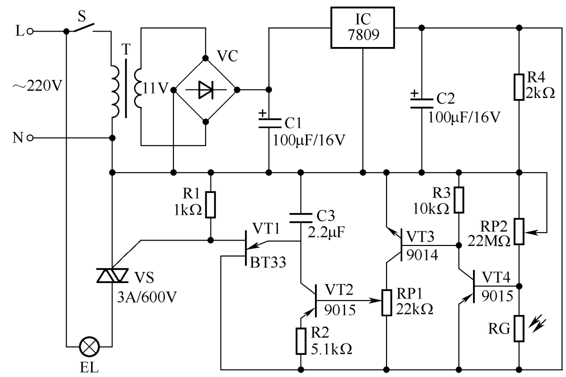


图 11-37　自动调光灯电路

11-38　节日彩灯——满天星霓虹灯电路

如图 11-38 所示，电路主要由 CD4060 及外围元件组成。CD4060 是一种带有振荡器的十四级计数器，用其输出端控制晶闸管导通，使各组灯串发光。由于 CD4060 输出方式是二进制状态，所以很难看出灯串的发光变化规律，从而好似满天星星。

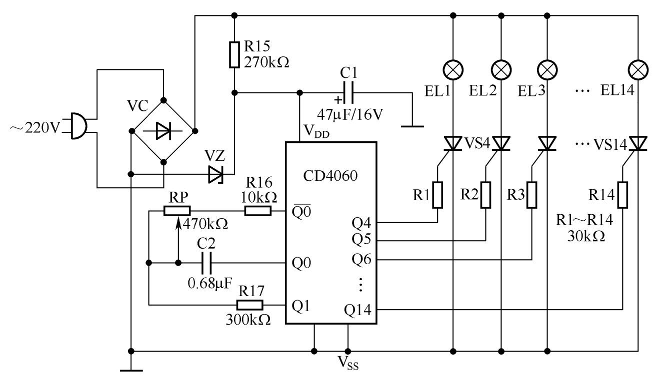


图 11-38　节日彩灯——满天星霓虹灯电路

11-39　鸟鸣彩灯串电路

鸟鸣彩灯串电路能将灯串间歇点亮和熄灭，并在彩灯点亮时发出悦耳的鸟叫声，电路如图 11-39 所示。彩灯串由 20 个彩色小电珠串联组成，其中有一个灯泡是“跳泡”，它内部有一组由双金属片构成的常闭触点，利用热胀冷缩的道理使触点不断地接通与断开，控制彩灯串间歇发光和熄灭。

鸟鸣发生器是一个间歇振荡器，振荡频率主要由 L、C3 的值决定。

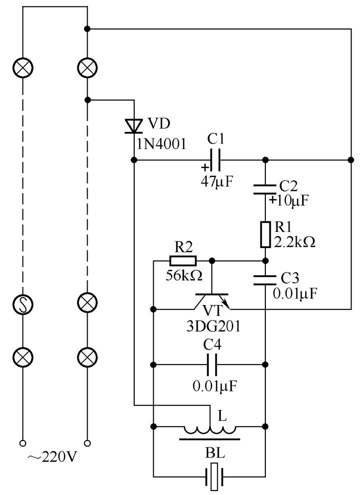


图 11-39　鸟鸣彩灯串电路

11-40　声控音乐彩灯电路

声控音乐彩灯电路由交-直流变换电路、压控振荡电路和负载驱动电路等组成。交-直流变换电路包括电阻器 R1、电容器 C1、桥式整流器 VD1～VD4、滤波电容器 C2 及稳压二极管 VZ 等。压控振荡电路包括集成电路 LC182，电阻器 R2～R5，静态继电器中的发光二极管，电容器 C3、C4 及电位器 RP 等。负载驱动电路包括交流静态继电器 KE1～KE4 及彩灯 H1～H8 等。声控音乐彩灯电路如图 11-40 所示。

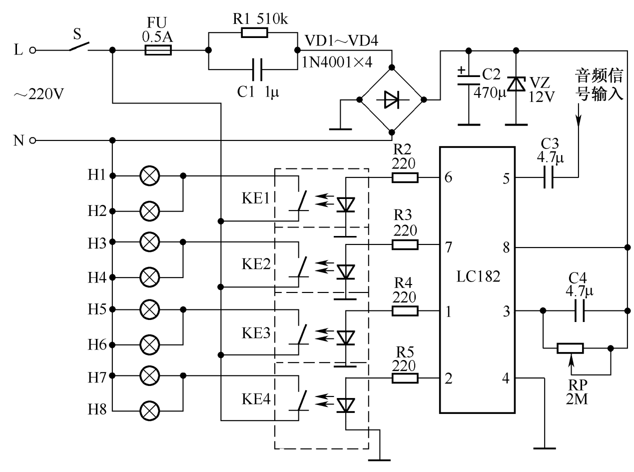


图 11-40　声控音乐彩灯电路

输入的 220V 交流电压经阻容元件（R1、C1）降压后，送给桥式整流器 VD1～VD4 整流，再经电容器 C2 滤波及 VZ 稳压后，为 LC182 提供直流工作电压。集成电路 LC182 得电，压控振荡器起振，通过脉冲分配电路输出信号，分别触发场效应管，使 A、B、C、D 端依次出现高电平，轮流控制静态继电器 KE1～KE4 的通断，实现 H1～H8 的点亮与熄灭。彩灯的循环速率取决于压控振荡器的振荡频率，改变集成电路③脚的外接电位器和电容器的值，就可以改变压控振荡器的振荡频率。同时，也可以通过改变整流放大器输入端输入音频信号的强弱，调制压控振荡器的工作频率，实现声控彩灯的目的。其方法是：将音响设备输出的音频信号经电容器 C3 送入 LC182 的⑤脚，开启音响设备后，彩灯将随音响设备的输出按音乐节奏闪亮。

11-41　简易流动闪光灯电路

图 11-41 所示是一种利用电容充放电来延时控制继电器吸合的闪光灯电路。工作原理是：当按下按钮开关 SB 时，电容 C1 充电，继电器 KA1 吸合，触点 KA1-2 接通，所连灯组点亮，同时触点 KA1-1 将电容 C2 接通电源，电容 C2 充电。当放开 SB 后，由于 C1 放电，KA1 仍保持吸合。过一段时间后，继电器 KA1 触点释放，电容 C2 对 KA2 放电，致使 KA2 吸合，其触点 KA2-2 接通，所连灯组点亮，同时触点 KA2-1 将电容 C3 接通电源，经过一段时间后，KA2 释放。电容 C3 又通过 KA2-1 触点对 KA3 放电，使 KA3 吸合，触点 KA3-2 接通，所连灯组点亮，同时触点 KA3-1 又将电容 C1 接通电源，使 C1 充电。这样继电器依次接通、释放，灯泡依次点亮、熄灭，就形成了一种简易流动闪光灯效果。

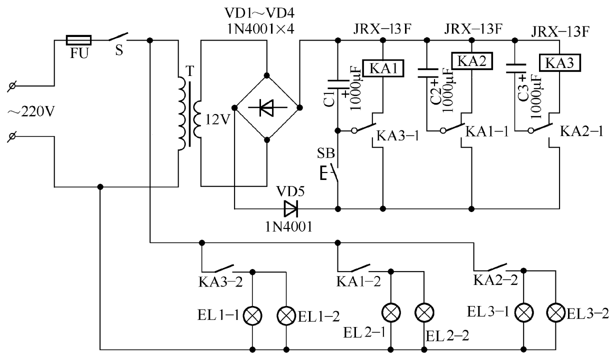


图 11-41 简易流动闪光灯电路

11-42 大功率“流水式”广告彩灯控制电路

大功率“流水式”广告彩灯可以在商场、剧院、舞厅或其他建筑物上使用，使夜景显得很美，特别是在节日里用于广告时，更增加了节日的欢乐气氛。

这里介绍一种元件少、功率大，可同时点亮 60 盏 25W 彩灯的电路，灯光呈追逐式跳动闪光。电路如图 11-42 所示，VS1、VS2、VS3 组成相同的三个单元电路。当接通电源后，电源通过 VD1、EL1、R1 对 C1 充电，使 A 点电位升高。同理，B、C 点电位也逐渐升高。由于电子元件性能的差别，某一组双向晶闸管会首先触发导通，如 C 点电位升高使 VS1 首先触发导通，EL1 灯亮，电容 C3 经电阻 R6 向 VS1 放电，C 点电位下降，而电容 C1 继续充电，A 点电位升高，一段时间后，VS2 导通，EL2 灯亮，VS1 截止。这时电容 C1 经 R2 向 VS2 放电，A 点电位下降，而 C2 继续充电，B 点电位升高，一段时间后，VS3 导通，EL3 灯亮，VS2 截止。这样，灯泡按次序轮流发光，产生“流水式”广告彩灯效果。

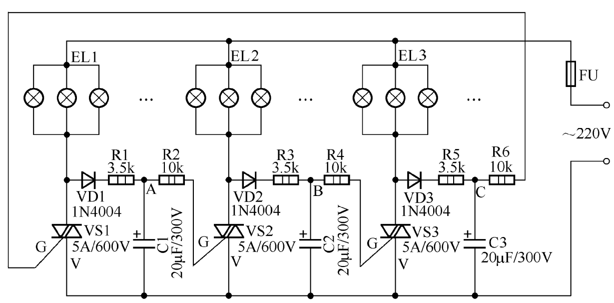


图 11-42 大功率“流水式”广告彩灯控制电路

若灯泡亮灭时间不符合追逐要求，可适当调整 C1～C3 的容量。

11-43 KG316T、KG316T-R 微电脑时控开关接线电路

KG316T、KG316T-R 微电脑时控开关如图 11-43（a）所示，它的接线非常简单，左边两端子接电源，右边两端子接负载，若负载功率超过 6kW，可外接一个交流接触器进行控制。它设置简单、方便，分 10 次接通和分断，时间可任意调整，也可按星期等方式进行设置。

直接控制方式的接线下，被控制的电器是单相供电的，功耗不超过本开关的额定容量（阻性负载 25A）。可采用直接控制方式，接线方法如图 11-43（b）所示。单相扩容方式的接线下，被控制的电器是单相供电的，但功耗超过本开关的额定容量（阻性负载 25A），那么就需要一个容量超过该电器功耗的交流接触器来扩容，接线方法如图 11-43（c）所示。三相工作方式的接线下，被控制的电器三相供电，需要外接三相交流接触器。控制接触器的线圈电压为 AC220V、50Hz 的接线方法如图 11-43（d）所示。控制接触器的线圈电压为 AC380V、50Hz 的接线方法如图 11-43（e）所示。

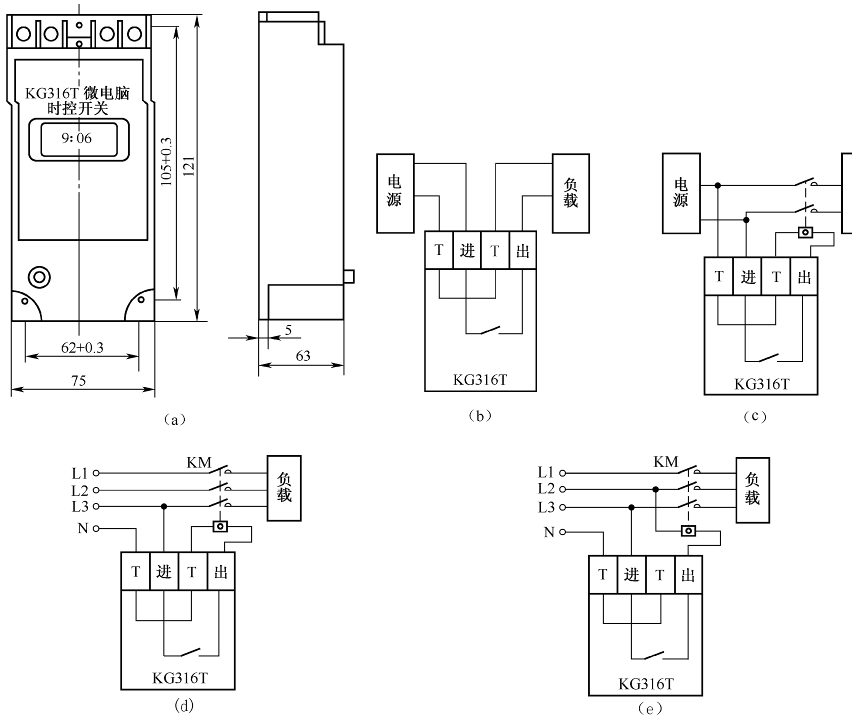


图 11-43　KG316T、KG316T-R 微电脑时控开关接线电路

11-44　氖泡微光灯电路

用氖泡作夜间微光照明，具有耗电省的显著特点，应用于室内晚上辅助调光。图 11-44 是氖泡微光灯电路。当电源开关 S 闭合时，普通照明灯 EL 亮，室内得到正常采光照明。当 S 断开时，灯泡 EL 熄灭，氖灯 Ne1、Ne2、Ne3 亮，发出红光，供室内微光照明。应用时，氖灯可利用荧光灯启辉器内的氖泡，电阻用 100kΩ（1/8W）即可。

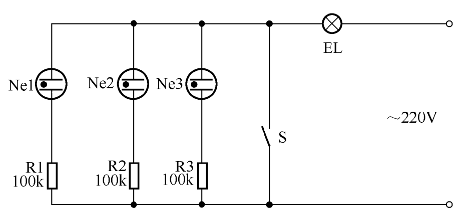


图 11-44　氖泡微光灯电路

11-45　霓虹灯供电电路

霓虹灯是一种高电压气体放电灯，在灯管的两端施以高压，高压使管内的气体电离，进而发出彩色的辉光。其工作电压为 6000～15 000V，由特殊的专用变压器供给。这种变压器是一种漏磁变压器，特点是短路电流很小，不会因二次侧短路而烧毁变压器。常用的霓虹灯变压器容量为 450V·A，一次侧输入电压为 220V、电流为 2A，二次侧电压为 15 000V、电流为 2mA，二次侧短路电流为 30mA，能点亮长为 12m、管径为 12mm 的霓虹灯管。常用的霓虹灯管外径在 ϕ11～15mm 之间，灯管用玻璃制造，管内抽成真空后，再充入少量的惰性气体和少量的汞气。充入的惰性气体不同，发出的光色也不同。为了得到更多绚丽的彩色光，往往将灯管内壁涂以各种颜色的荧光粉或各种透明色。

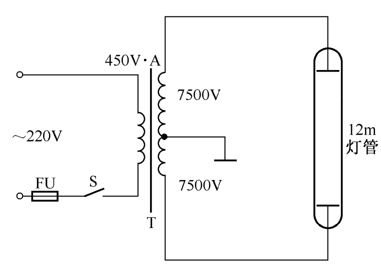


图 11-45　霓虹灯供电电路

霓虹灯供电电路如图 11-45 所示。为了节能，也可以采用交流电整流高频逆变高压供电。

11-46 霓虹灯闪光电路

各种各样的霓虹灯增加了闪烁效果，还常常加有霓虹灯高压转动机和低压滚筒。高压转动机大致由线圈感应板、主轴、接触片和固定触点组成。当线圈通电后，产生磁感应，带动感应板，从而带动接触片转动，依次接通各个放电灯管，使灯管按顺序明暗变化，如图 11-46（a）所示。

还有一种为低压滚筒，它由交流电动机、圆筒、活动导电片和固定触点等组成。当交流电动机通电带动圆筒转动时，安装在圆筒上的导电片依次与固定触点接触，接通对应的霓虹灯变压器电源，从而得到各种不同的明暗变化图案。这种方法应用较多，它可控制多台霓虹灯变压器，供大幅图案变化用，如图 11-46（b）所示。它是商家、房地产商、广告商的理想宣传工具。

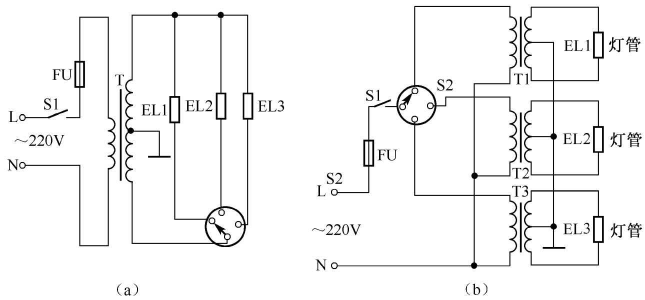


图 11-46　霓虹灯闪光电路

11-47 应急照明灯电路

应急照明灯电路如图 11-47 所示。当开关 S 在“1”的位置时，220V 的交流电源经变压器 T1 降压、VD1～VD4 整流后向蓄电池 GB 充电。当停止交流供电时，可把开关 S 拨向“2”的位置，此时蓄电池向逆变变压器 T2 二次侧输出高压，使灯管启辉。

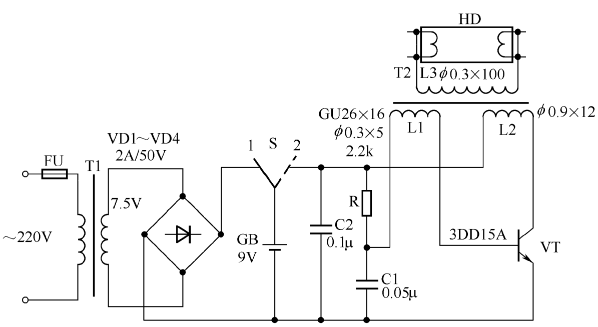


图 11-47　应急照明灯电路

逆变变压器采用铁氧体罐形磁芯绕制，规格为 GU26×16。绕制时，要注意高压绕组 L3 的绝缘。电池组可根据条件选用。电源变压器可用 10V·A 铁芯绕制。灯管可选用 7W 的 H 形或 U 形节能灯。

电路安装无误后，如通电不起振，则有可能是反馈线圈接反了，一般来讲，将 L1 两端对调，即可正常工作。调整 C1 的容量可改变振荡频率，C1 的容量越大，振荡频率越低。

应急灯的应用很广泛，若应用在消防工程中，除应具有产品相关合格证外，灯具还必须采用金属外壳，灯头（指白炽灯）不允许采用塑料制品。

11-48 微光调光定时有线遥控器电路

本装置具有室内微光照明与调光有线遥控照明功能，也适合城乡楼道、走廊等处照明。电源电路如图 11-48 左边部分所示。市电交流 220V 由变压器 T 变压为 6V，经整流桥 VD1～VD4 整流，C1 滤波，R1 限流，稳压二极管 VZ 稳压，变换成直流电向 IC（555 集成电路）供电。

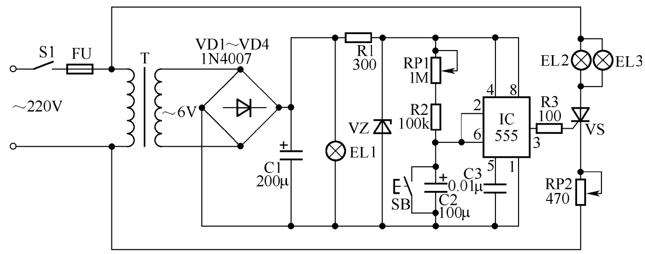


图 11-48　微光调光定时有线遥控电路

由 555 时基集成电路构成节电延时开关电路，电路中的延时电路由集成电路 IC、电容 C2 及 C3 、电阻 RP1 和 R2、按钮 SB 组成。当按下按钮 SB 时，IC 即被置位，输出端③脚呈高电平，晶闸管 VS 被触发导通，灯泡 EL2、EL3 亮。当断开 SB 后，电源通过 RP1、R2 向 C2 充电，当充电至 $2/3V_{DD}$ 阈值时，IC 复位，③脚输出呈低电平，使灯泡 EL2、EL3 熄灭。当按下复位按钮 SB 时定时电路工作，EL2、EL3 又亮起来。

定时电路取决于 RP1、R2 向 C2 充电的时间常数，调节 RP1 或改变 C2 的值就可改变定时时间的长短。例如，RP1 为 1MΩ、C2 为 100μF 时，定时为 2min；RP1 为 10MΩ、C2 为 100μF 时，定时为 19min14s；RP1 为 10MΩ、C2 为 200μF 时，定时为 32min 等。RP1、C2 是可变元件。

当接通电源开关 S1 时，EL1 亮，可用于看电视或作床头灯，既有光照，又节约用电。

调节串联在晶闸管 VS 主电路中的电位器 RP2，就改变了它在电路中的压降，相应地改变了 EL2、EL3 的亮度，实现了无级调光。

整流电路采用桥堆或采用四个 1N4001 二极管；VZ 采用 2CW56 的稳压二极管；两个电位器分别为 1MΩ（根据需要可改变）和 470Ω；VS 根据负载（并联灯泡的数量）来选择；变压器 T 选用 220/6V 的；EL1 用 6.3V 小灯泡，EL2、EL3 可用 15W/220V 普通照明灯泡；电阻均采用 1/8W 碳膜电阻；电容采用瓷片电容。

电路中的 SB 为按钮开关，当人外出回来时，按下 SB 按钮，灯就亮起来，过一会，定时1～2min，照明灯自动熄灭。调节两个电位器，通过改变其阻值来调整定时时间和亮度。

11-49　电话自控照明灯电路

图 11-49 所示是用 555 时基集成电路制作的电话自控照明灯电路，它在夜间电话铃响或摘机拨号（打电话）时，能使照明灯自动点亮，且在电话挂机 1min 后，照明灯能自动熄灭。该电路由控制电路、单稳态触发器、晶闸管 VS 和电源电路组成。

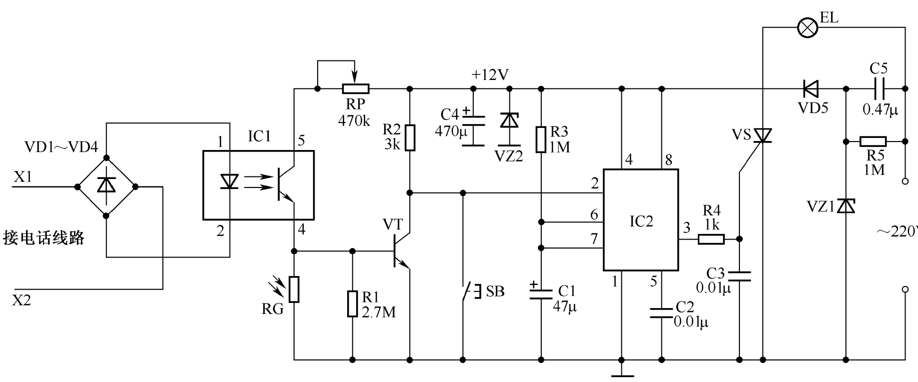


图 11-49　电话自控照明灯电路

VD1～VD4 接成桥式整流电路，其两个输入端串联在电话电路中。晶闸管 VS 与照明灯 EL 串联后，再并联在 220V 电源电路中。平时电话电路中无电流通过，光耦合器 IC1 内部的发光二极管不发光，光敏三极管处于截止状态，三极管 VT 因基极为低电平也截止，IC2 的②脚为高电平（高于 $V_{CC}/3$），IC2 内部的单稳态触发器处于稳态，其③脚输出低电平，晶闸管 VS 截止，照明灯 EL 不亮。

在夜晚，当摘机拨打电话或外线有电话打入（电话铃响）时，电话电路中有电流通过，使光耦合器 IC1 内部的发光二极管发光，光敏三极管导通，三极管 VT 因基极变为高电平而导通，使 IC2 的②脚产生低电平脉冲信

号，IC2 内部的单稳态触发器翻转变为暂态，其③脚输出高电平，使晶闸管 VS 导通，照明灯 EL 点亮。

打完电话挂机后，光耦合器 IC1 内部的发光二极管和光敏三极管均截止，三极管 VT 也因基极变为低电平而截止，IC2 的②脚又恢复高电平（高于 $V_{CC}/3$），但此时 IC2 的⑥脚电压仍低于 $2V_{CC}/3$，单稳态触发器仍维持暂态，+12V 电压开始经电阻器 R3 对电容器 C1 充电。当 C1 充电结束、IC2 的⑥脚电压上升至 $2V_{CC}/3$ 时，IC2 内部的单稳态触发器翻转，由暂态变为稳态，其③脚输出低电平，使 VS 截止，照明灯 EL 熄灭。

在白天，光敏电阻器 RG 受室内自然光线的照射而呈低阻值状态，三极管 VT 的基极始终为低电平，单稳态触发器电路始终处于稳态，即使有电话打入，照明灯 EL 也不会点亮。只有在夜晚关灯后拨打电话或有电话铃声时，单稳态触发器电路才被触发工作。

调整电位器 RP，可以改变光控的灵敏度。

IC2 的①脚与②脚之间接有按钮开关 SB，平时需要使用照明灯时，只要按一下 SB，人为地给 IC2 的②脚加上一个触发低电平，使单稳态触发器电路翻转，照明灯 EL 即可以点亮 1min。

IC1 选用光耦合器 4N25；IC2 选用 NE555、SL555 等型号的时基集成电路。VT 选用 S9014 或 S8050 硅 NPN 型三极管，VD1～VD5 均选用 1N4007 硅整流二极管。

11-50　声光控自动照明灯电路

这是一种智能灯具，能够只在夜晚有人时才自动开灯，人走后自动关灯，既满足了照明的需要，又最大限度地节约了电能。电路如图 11-50 所示，使用了数字集成电路，简化了电路结构，提高了工作可靠性。

电路工作原理如下。

（1）光敏二极管 VD1 等组成光控电路。白天由于环境光很亮，VD1 导通，D8 输出低电平，封闭了与非门 D7，照明灯泡 EL 不亮。夜晚 VD1 截止，D8 输出高电平，开启了与非门 D7，灯泡 EL 亮或不亮取决于声控电路。

（2）驻极体话筒 BM 等组成声控电路。没有行人时灯泡 EL 不亮。当有行人接近时，行人的脚步声或讲话声由话筒 BM 接收、D1～D3 放大、D6 整形、D4 倒相后，经过与非门 D7 使开关管 VT 和双向晶闸管 VS 导通，照明灯 EL 点亮。

（3）VD2、C2 等组成延时电路。当声音信号消失后，由于延时电路的作用，照明灯 EL 将继续点亮数十秒才关闭。

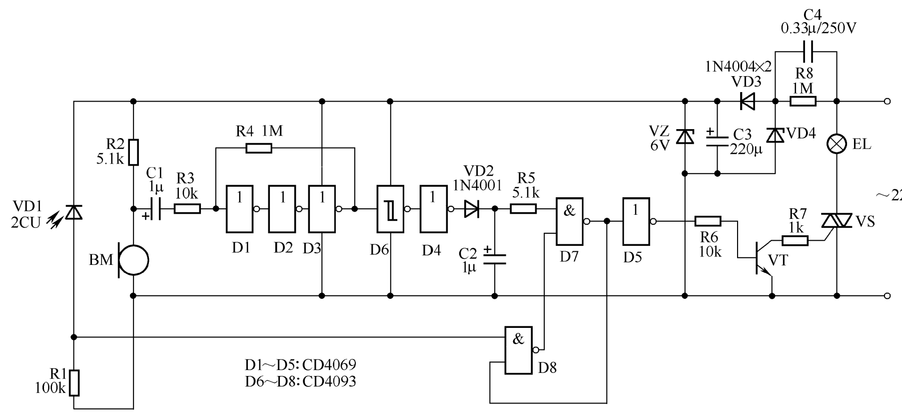


图 11-50　声光控自动照明灯电路

（4）与非门 D7 输出端的信号又回送至光控门 D8，在灯泡 HL 点亮时封闭光控电路信号，这样即使本灯的灯光照射到光敏二极管 VD1 上，系统也不会误认为是白天而造成照明灯刚点亮就立即关闭。

该灯电路可以安放在灯座中，外表只留感光孔和感声孔，如图 11-50 所示组成一个整体，特别适合安装在楼梯、走廊等公共场所。

第 12 章

电动机控制电路

12-1 三相交流电动机Y形、△形接线方法

一般常用三相交流电动机接线架上都引出六个接线柱，当电动机铭牌上为Y形接法时，D6、D4、D5 相连接，其余 D1、D2、D3 接电源；为△形接法时，D6 与 D1 连接，D4 与 D2 连接，D5 与 D3 连接，然后 D1、D2、D3 接电源，连接方法如图 12-1 所示。

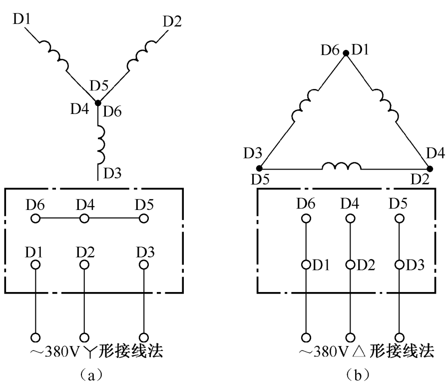


图 12-1　三相交流电动机Y形、△形接线方法

12-2 三相吹风机六个引出端子接线方法

有部分三相吹风机引出六个接线端子，接线方法如图 12-2 所示。其采用△形接法应接入 220V 三相交流电源，采用Y形接法时应接入 380V 三相交流电源。一般 3 英寸、3.5 英寸、4 英寸、4.5 英寸型号的吹风机按此法接，其他型号的吹风机应按其铭牌上所标的接法连接。

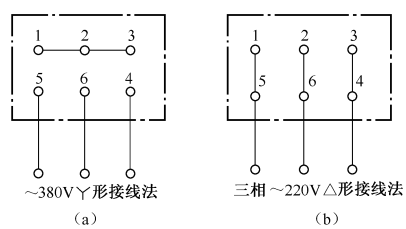


图 12-2　三相吹风机六个引出端子接线方法

12-3 I DD5032 型单相电容运转电动机接线方法

单相电动机接线方法很多，如果不按要求接线，就会有烧坏电动机的可能。因此在接线时，一定要看清电动机铭牌上注明的接线方法。

图 12-3 所示为 I DD5032 型单相电容运转电动机接线方法。其功率为 60W，选用耐压为 500V、容量为 4μF 的电容。图 12-3（a）所示为正转接线，图 12-3（b）所示为反转接线。

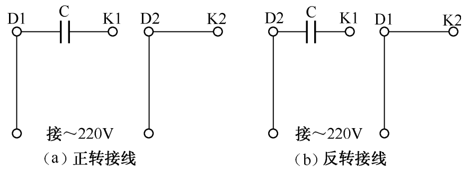


图 12-3　I DD5032 型单相电容运转电动机接线方法

12-4　JX07A-4 型单相电容运转电动机接线方法

图 12-4 所示是 JX07A-4 型单相电容运转电动机接线方法。电动机功率为 60W，用 220V、50Hz 交流电源，电流为 0.5A。它的转速为 1400r/min。电容的耐压为 400V 以上、容量为 8μF。图 12-4（a）所示为正转接线，图 12-4（b）所示为反转接线。

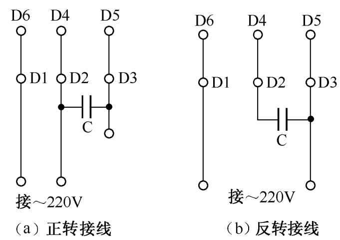


图 12-4　JX07A-4 型单相电容运转电动机接线方法

12-5　单相吹风机四个引出端子接线方法

有的单相吹风机引出四个接线端子，接线方法如图 12-5 所示。其采用并联接法时应接入 110V 交流电源，采用串联接法时应接入 220V 交流电源。

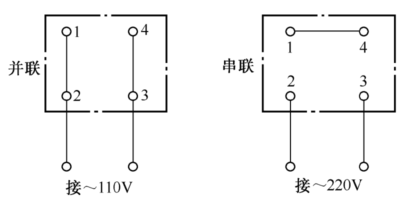


图 12-5　单相吹风机四个引出端子接线方法

12-6　Y100LY 系列电动机接线方法

目前，Y 系列电动机被广泛应用。Y 系列电动机具有体积小、外形美观、节电、节能等优点。它的接线方法有两种：一种为△形接线法，它的接线端子 W2 与 U1 相连，U2 与 Vl 相连，V2 与 W1 相连，然后接电源；另一种为Y形接线法，接线端子 W2、U2、V2 相连，其余三个接线端子 U1、V1、W1 接电源，如图 12-6 所示。

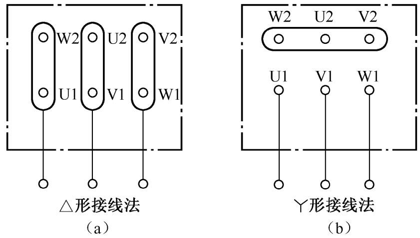


图 12-6　Y100LY 系列电动机接线方法

12-7　用胶盖瓷底的刀开关进行手动正转控制电路

利用胶盖瓷底的刀开关进行手动正转控制电路如图 12-7 所示。在一般工厂中使用的三相电风扇及砂轮机等小功率电动机设备常采用这种控制电路。这种电路最简单并且非常实用。当合上胶盖瓷底的刀开关时，电动机就能转动，从而带动生产机械旋转。拉闸后，熔断器脱离电源，以保证安全。

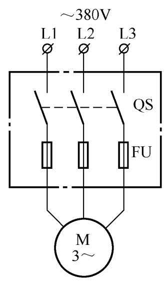


图 12-7　用胶盖瓷底的刀开关进行手动正转控制电路

12-8　利用铁壳开关手动正转控制电路

利用铁壳开关手动正转控制电路如图 12-8 所示。图中 QS - FU 表示铁壳开关。当合上铁壳开关后，电动机就能转动，从而带动生产机械旋转；拉闸后电动机停止运行。这种电路非常简单，也被广泛应用于较小功率（0.1～5.5kW）的电动机控制电路中，作不频繁启动/停止控制。

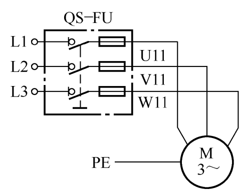


图 12-8　利用铁壳开关手动正转控制电路

12-9　采用转换开关的控制电路

采用转换开关的控制电路如图 12-9 所示。图中 QS 为转换开关，也叫组合开关。它的作用是引入电源或控制小容量电动机的启动和停止。

机床电气控制中常用的转换开关有 HZ10 系列。这种转换开关有三副静触片，每一触片的一端固定在绝缘垫板上，另一端伸出盒外，并附有接线柱，以便和电源、用电设备相连。三个动触片装至绝缘垫板上，垫板套在附有手柄的绝缘杆上。手柄能向任一方向每次转动 90°，并带动三个动触片分别与三副静触片同时通断。

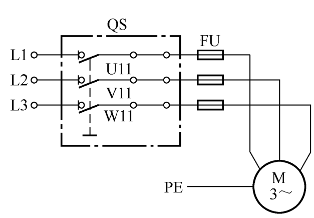


图 12-9　采用转换开关的控制电路

12-10　用倒顺开关的正反转控制电路

常用的倒顺开关有 HZ3 - 132 型和 QX1 - 13M/4.5 型，其控制电路如图 12-10 所示。

倒顺开关有六个接线柱：L1、L2 和 L3 分别接三相电源，U1、V1 和 W1 分别接电动机。倒顺开关的手柄有

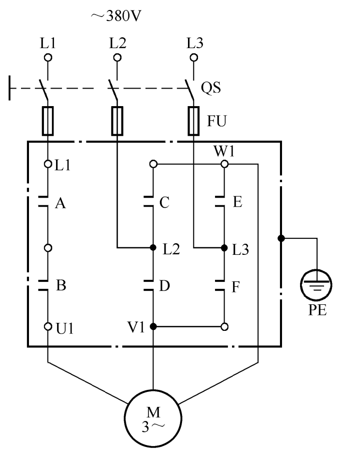


图 12-10　用倒顺开关的正反转控制电路

三个位置：当手柄处于停止位置时，开关的两组动触片都不与静触片接触，所以电路不通，电动机不转；当手柄拨到正转位置时，A、B、C、F 触点闭合，电动机接通电源正向运转；当电动机需向反方向运转时，可把倒顺开关手柄拨到反转位置上，这时 A、B、D、E 触片接通，电动机换相反转。

在使用过程中电动机处于正转状态时欲使它反转，必须先把开关手柄拨至停转位置，使它停转，然后把开关手柄拨至反转位置，使它反转。

倒顺开关一般适用于 4.5kW 以下的电动机控制电路。

12-11　具有自锁的正转控制电路

具有自锁的正转控制电路如图 12-11 所示。当启动电动机时合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB2，接触器 KM 线圈获电，KM 主触点闭合，使电动机 M 运转；松开 SB2，由于接触器 KM 常开辅助触点闭合自锁，控制电路仍保持接通，电动机 M 继续运转。停止时按 SB1，接触器 KM 线圈断电，KM 主触点断开，电动机 M 停转。

具有自锁的正转控制电路的另一个重要特点是它具有欠压与失压（或零压）保护功能。

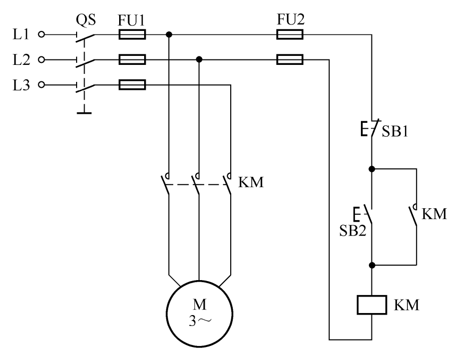


图 12-11　具有自锁的正转控制电路

12-12　具有过载保护的正转控制电路

有很多生产机械由于负载过大、操作频繁等原因，电动机定子绕组中长时间流过较大的电流，有时熔断器在这种情况下尚未及时熔断，以致引起定子绕组过热，影响电动机的使用寿命，严重时甚至烧坏电动机。因此，对电动机必须要实行过载保护。

具有过载保护的正转控制电路如图 12-12 所示。当电动机过载时，主回路热继电器 FR 的热元件所通过的电流超过额定电流值，使 FR 内部发热，其内部金属片弯曲，推动 FR 闭合触点断开，接触器 KM 的线圈断电释放，电动机便脱离电源停转，起到了过载保护作用。

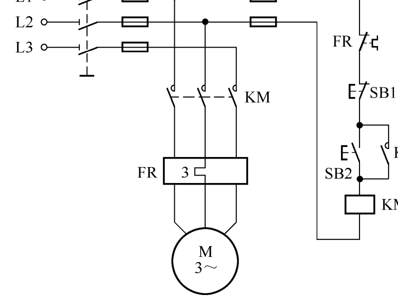


图 12-12　具有过载保护的正转控制电路

12-13　点动与连续运行控制电路

点动与连续运行控制电路如图 12-13 所示。需要点动控制时，按下点动复合按钮 SB3，其常闭触点先断开 KM 的自锁电路，随后 SB3 常开触点闭合，接通启动控制电路，接触器 KM 线圈获电吸合，KM 主触点闭合，电动机 M 启动运转。松开 SB3 时，其已闭合的常开触点先复位断开，使接触器 KM 失电释放，KM 主触点断开，电动机停转。

若需要电动机连续运转，按下长动按钮 SB2，由于按钮 SB3 的常闭触点处于闭合状态，将 KM 自锁触点接入电路，所以接触器 KM 获电吸合并自锁，电动机 M 连续运行。停机时按下停止按钮 SB1 即可。

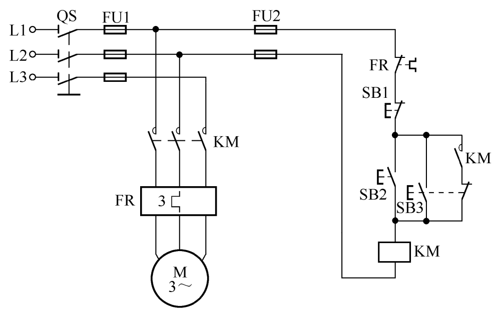


图 12-13　点动与连续运行控制电路

12-14　避免误操作的两地控制电路

需要启动电动机时，位于甲地的操作人员按住启动按钮 SB2，这时只能使安装在乙地的蜂鸣器 HA2 得电鸣响，待位于乙地的操作人员听到铃声按下启动按钮 SB3 后，使安装在甲地的蜂鸣器 HA1 得电鸣响，接触器 KM 才能得电吸合并自锁，其主触点闭合，电动机 M 才能启动，与此同时，KM 的常闭触点断开，使 HA1、HA2 失电。

需要停机时，甲地的操作人员可以按下 SB1，乙地的操作人员可以按下 SB4，电路如图 12-14 所示。

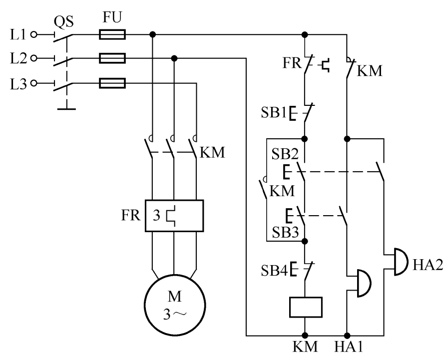


图 12-14　避免误操作的两地控制电路

12-15　三地（多地点）控制电路

为了操作方便，经常需要在两地或两地以上地点启动或停止同一台电动机，这就需要多地点控制电路。通常把启动按钮并联在一起，实现多地点启动控制；而把停止按钮串联在一起，实现多地点停止控制。

SB1、SB4 为第一号地点的控制按钮；SB2、SB5 为第二号地点的控制按钮；SB3、SB6 为第三号地点的控制按钮，电路如图 12-15 所示。

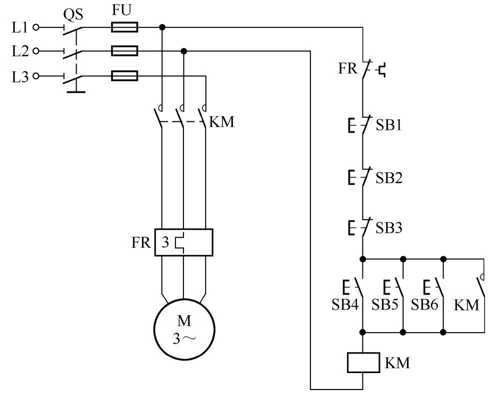


图 12-15　三地（多地点）控制电路

12-16　电动机间歇运行电路

合上电源开关 QS 和手动开关 SA，交流接触器 KM 和时间继电器 KT1 获电吸合，KM 主触点闭合，电动机 M 启动运行。当运行一段时间（由 KT1 时间继电器确定）之后，KT1 延时闭合的触点闭合，接通继电器 KA 和时间继电器 KT2 电路，KA 常闭触点断开，KM 失电，电动机 M 停止工作。经过一段时间之后，KT2 延时断开的触点断开，使继电器 KA 断电释放，中间继电器 KA 的常闭触点闭合，再次接通 KM 线圈电路，电动机重新启动运行。

按钮开关 SB 可在电动机停转期间随时点动控制电动机，电路如图 12-16 所示。

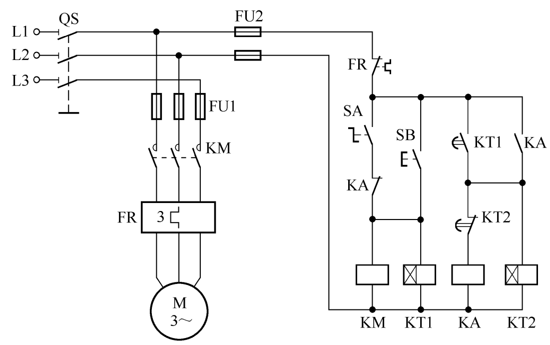


图 12-16　电动机间歇运行电路

12-17　电动机短时间停电来电后自动快速再启动电路

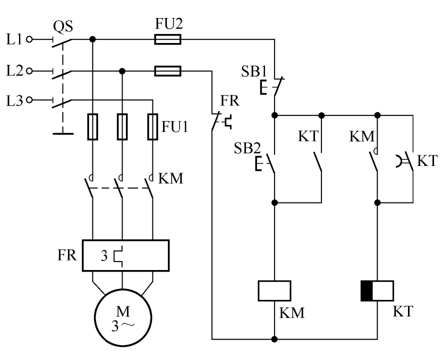


图 12-17　电动机短时间停电来电后自动快速再启动电路

按下按钮 SB2，接触器 KM 获电吸合，其主触点闭合，电动机 M 启动运转；同时 KM 的常开辅助触点闭合，使断电延时时间继电器 KT 获电吸合，KT 的瞬动常开触点和延时断开的触点闭合，使 KM 和 KT 保持吸合状态。

电动机运转后，如果供电电路出现电压波动（瞬间过低）或电网短暂停电，KM、KT 均失电释放，电动机 M 停止运转。同时，KT 已闭合的断电延时断开触点延时断开。若在 KT 延时时间内电网电压恢复正常或电网短暂停电后恢复供电，KT 重新获电吸合，其瞬动触点立即闭合，KM 获电吸合，电动机自动再启动运转。

需停机时，按下 SB1，接触器 KM 和时间继电器 KT 均失电释放，电动机停止运转。特别提醒：在停止时按住 SB1 的时间要大于 KT 的延时时间，电路如图 12-17 所示。

12-18　按钮连锁的正反转控制电路

按钮连锁的正反转控制电路如图 12-18 所示，它采用了复合按钮，按钮互锁连接。当电动机正向运行时，按下反转按钮 SB3，首先使接在正转控制电路中的 SB3 的常闭触点断开，于是正转接触器 KM1 的线圈断电释放，触点全部复原，电动机断电但做惯性运行，紧接着 SB3 的常开触点闭合，使反转接触器 KM2 的线圈获电动作，电动机立即反转启动。这既保证了正反转接触器 KM1 和 KM2 不会同时通电，又可不按停止按钮而直接按反转按钮进行反转启动。同样，由反转运行转换成正转运行，只需直接按正转按钮即可。

这种电路的优点是操作方便，缺点是如果正转接触器主触点发生熔焊分断不开，直接按反转按钮进行换向则会产生短路事故。

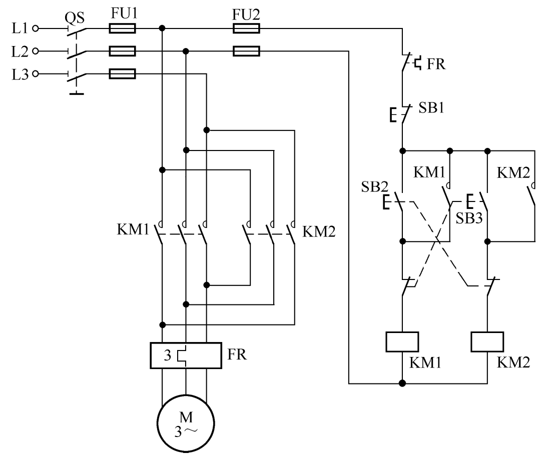


图 12-18　按钮连锁的正反转控制电路

12-19　接触器连锁的正反转控制电路

图 12-19 所示为接触器连锁的正反转控制电路。图中采用了两个接触器，即正转用的接触器 KM1 和反转用的接触器 KM2。由于接触器的主触点接线的相序不同，所以当两个接触器分别工作时，电动机的旋转方向相反。

电路要求接触器不能同时通电。为此，在正转与反转控制电路中分别串联了 KM2 和 KM1 的常闭触点，以保证 KM1 和 KM2 不会同时通电。

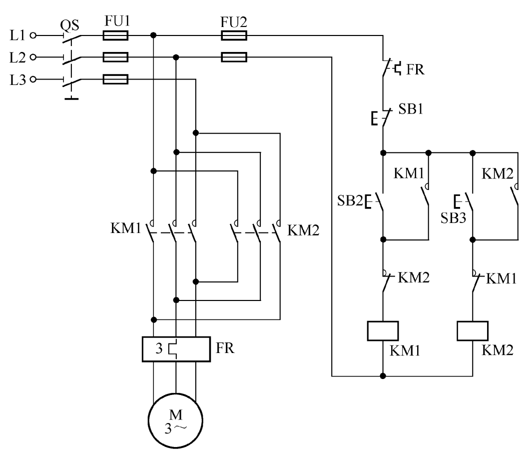


图 12-19　接触器连锁的正反转控制电路

12-20　按钮、接触器复合连锁的正反转控制电路

图 12-20 所示是按钮、接触器复合连锁的正反转控制电路，它集中了按钮连锁、接触器连锁的优点，即当正转时，不用按停止按钮即可反转，还可避免接触器主触点发生熔焊分断不开时造成短路事故。

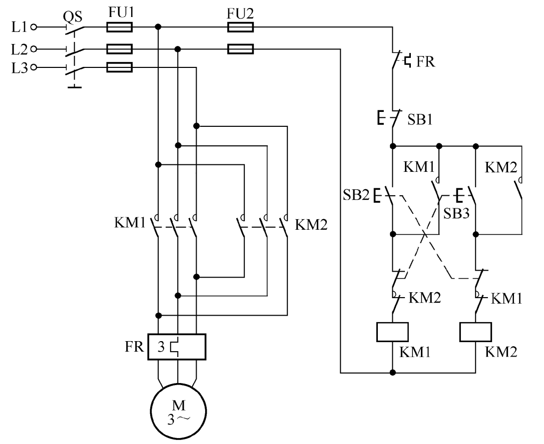


图 12-20　按钮、接触器复合连锁的正反转控制电路

12-21　用按钮点动控制电动机启停电路

当需要电动机工作时，合上电源开关 QS，按下按钮 SB，交流接触器 KM 线圈获电吸合，KM 主触点闭合，使三相交流电源通过接触器主触点与电动机接通，电动机 M 便启动运行。当松开按钮 SB 时，由于接触器线圈断电，吸力消失，接触器便释放，其主触点断开，电动机 M 断电停止运行，电路如图 12-21 所示。

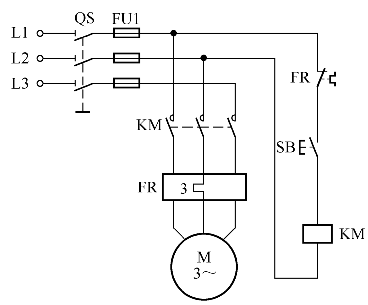


图 12-21　用按钮点动控制电动机启停电路

12-22　具有三重互锁保护的正反转控制电路

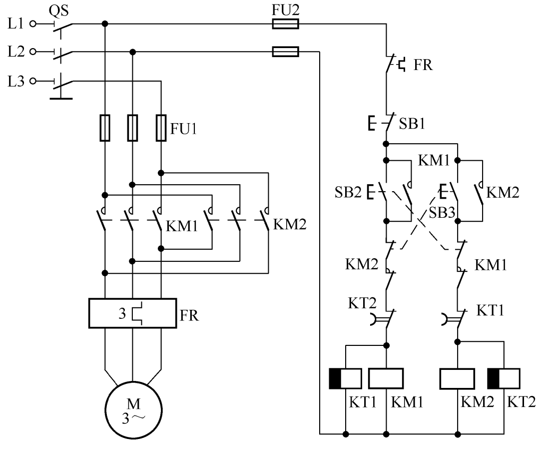


图 12-22　具有三重互锁保护的正反转控制电路

通常正反转启动电路均采用双重互锁保护，即：按钮互锁、交流接触器常闭触点互锁。本电路具有三重互锁保护，即：按钮互锁、交流接触器常闭触点互锁、失电延时时间继电器断电延时闭合的常闭触点互锁。该电路互锁程度极高，具有三重互锁保护作用，如图 12-22 所示。

正转启动时，按下正转启动按钮 SB2，此时 SB2 常闭触点断开反转交流接触器 KM2 线圈回路，起到互锁保护作用，同时 SB2 常开触点闭合，交流接触器 KM1、失电延时时间继电器 KT1 线圈同时得电吸合。这时 KM1 主触点闭合，电动机 M 正转启动运行；KM1 常闭触点、KT1 延时闭合的常闭触点均断开，使 KM2 线圈回路同时三处断开，从而起到可靠的互锁保护。

当需要反转时，按下反转启动按钮 SB3，此时，正转回路交流接触器 KM1 线圈断电释放，电动机 M 停止

正转，但 KT1 失电延时几秒后它的常闭触点才能恢复闭合，即使按下反转启动按钮也不能反转启动，必须按动反转启动按钮 2s 后（设定时间可任意调整），反转才能启动，从而真正起到互锁保护作用。

12-23　接触器连锁的点动和长动正反转控制电路

接触器连锁的点动和长动正反转控制电路如图 12-23 所示。复合按钮 SB3、SB5 分别为正、反转点动按钮，由于它们的动断触点分别与正、反转接触器 KM1、KM2 的自锁触点串联，因此操作点动按钮 SB3、SB5 时，接触器 KM1、KM2 的自锁支路被切断，自锁触点不起作用，只有点动功能。

按钮 SB2、SB4 分别为正、反转启动按钮，SB1 为停止按钮。

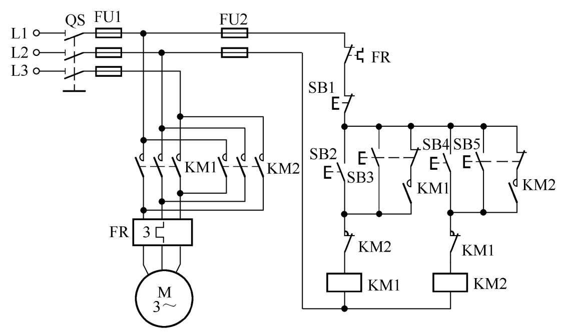


图 12-23　接触器连锁的点动和长动正反转控制电路

12-24　防止正反转转换期间相间短路的三接触器控制电路

防止正反转转换期间相间短路的三接触器控制电路如图 12-24 所示，复合按钮 SB3、SB2 分别为正转、反转启动按钮，SB1 为停止按钮。该电路多了一个接触器 KM3，在正转接触器 KM1 失电释放后，电源接触器 KM3 也随着失电释放，这样由两个接触器 KM3 和 KM1 组成灭弧电路，即在同相中有两副主触点，灭弧效果大大加强，有效地防止了相间短路。

正转启动时，按下正转按钮 SB3，正转接触器 KM1 得电吸合并自锁，常开辅助触点闭合，这时由于 SB3 常闭触点是断开的，接触器 KM3 不动作。松开 SB3 后，接触器 KM3 获电动作，电动机正转。

反转启动时，按下反转按钮 SB2，首先断开正转接触器 KM1，电源接触器 KM3 随之断开，这时两个接触器共同组成灭弧电路实现灭弧，随后接通反转接触器 KM2 电路，KM2 得电吸合并自锁。松开 SB2 后，接触器 KM3 获电动作，电动机反转运行。

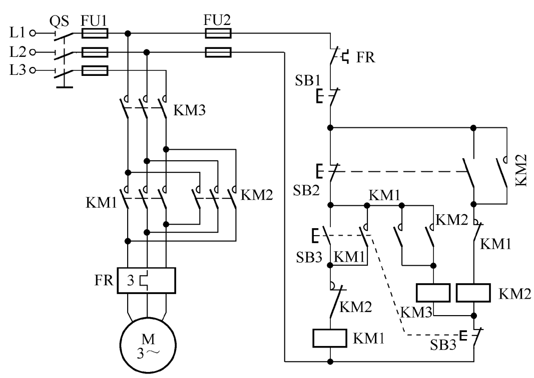


图 12-24　防止正反转转换期间相间短路的三接触器控制电路

12-25　用连锁继电器防止正反转转换相间短路的控制电路

当电动机容量大或启动过于频繁时，主触点将产生严重的电弧，如果在未完全灭弧时按动反转按钮，使反转接触器得电吸合，会引起相间短路。用连锁继电器防止正反转转换相间短路的控制电路如图 12-25 所示。

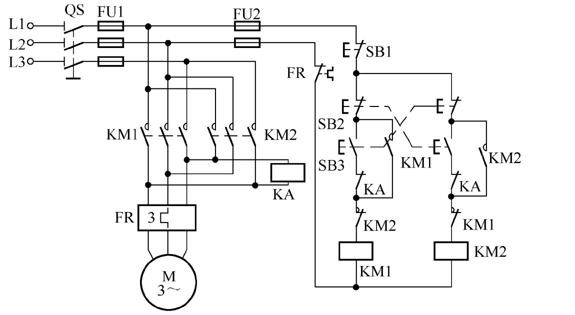


图 12-25　用连锁继电器防止正反转转换相间短路的控制电路

在按钮、接触器双重连锁的正反转控制电路中加一个连锁继电器 KA，其常闭触点分别与正反转启动按钮的常开触点 SB3、SB2 串联。如果电弧未熄灭（即相当于 KM1 或 KM2 的主触点未断开），继电器 KA 将保持吸合，其常闭触点断开接触器 KM1、KM2 线圈的启动回路，从而确保只有在电弧熄灭之后才允许进行相反转向的操作。

12-26　单线远程正反转控制电路

如果需要在离电动机较远的场所控制电动机的启停或正反转运行，架设一根导线就可完成电动机启停和正反转的控制过程。单线远程正反转控制电路如图 12-26 所示。

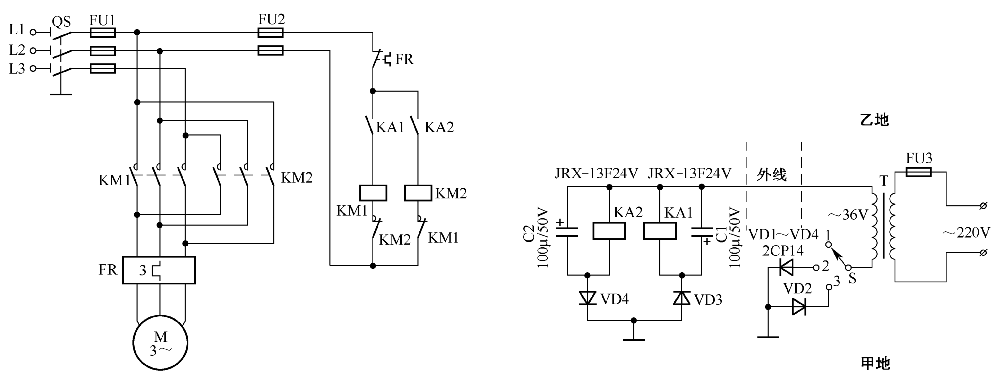


图 12-26　单线远程正反转控制电路

用户在甲地拨动多挡开关 S，当拨到位置“1”时，乙地的电动机停止；当拨到位置“2”时，乙地的电动机因交流电 36V 通过 VD1，再经过地线、大地使 VD3 导通，继电器 KA1 吸合，接触器 KM1 动作而开始正转运行；当拨到位置“3”时，此时二极管 VD2、VD4 导通，继电器 KA2 吸合，这时 KM2 得电吸合，电动机反转运行。

此电路简单，并可在需要远距离控制电动机时节约大量导线。继电器 KA 可选用 JRX－13F，根据电路长短、降压多少，可选用继电器线圈电压 12V 或 24V。

12-27　仅用一个按钮控制电动机正反转电路

用一个按钮也可以实现对电动机正转（向前）、正转（向前）停止、反转（向后）、反转（向后）停止的控制。仅用一个按钮控制电动机正反转的电路如图 12-27 所示。

合上电源开关 QS，按下按钮 SB，中间继电器 KA1 得电吸合。KA1 串联于接触器 KM1 线圈回路中的常开触点闭合，使正转交流接触器 KM1 得电吸合并自锁，电动机 M 正转运行。KM1 的常开触点闭合，在 KM1 吸合后松开 SB，KA1 失电释放。

如果需要电动机停转，第二次按下按钮 SB，则中间继电器 KA2 得电吸合。KA2 串联于中间继电器 KA3 线圈回路中的常开触点闭合，使中间继电器 KA3 得电吸合并自锁。KA3 的常闭触点断开，使接触器 KM1 断电释

放，电动机 M 正转停止。

松开 SB 后，KA3 仍得电吸合，但 KA2 断电释放。

如果需要电动机反转运行，第三次按下 SB，中间继电器 KA1 得电吸合，其常开触点闭合，并与已闭合的 KA3 的常开触点一起接通反转交流接触器 KM2 线圈回路工作电源，KM2 吸合并自锁，电动机 M 反转运行。同时 KM2 辅助常闭触点断开，切断了 KA3 线圈回路，KA3 断电释放。松开 SB，KA1 断电，恢复原来的状态。

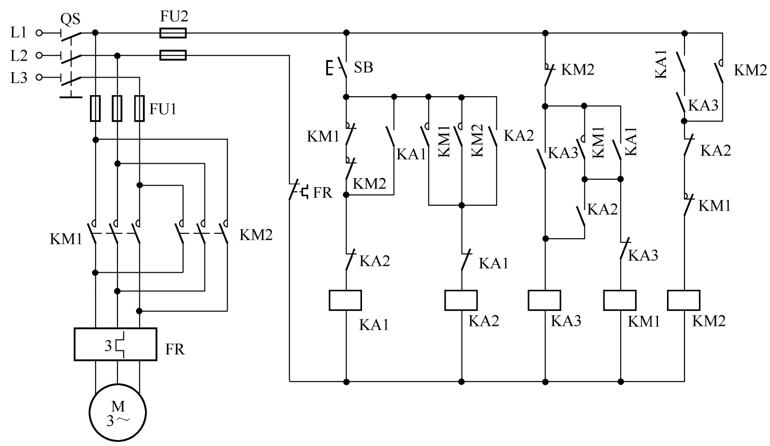


图 12-27　仅用一个按钮控制电动机正反转的电路

需要电动机 M 反转停止时，第四次按下 SB，中间继电器 KA2 吸合，KA2 串联于接触器 KM2 线圈回路中的常闭触点断开，使 KM2 断电释放，电动机 M 反转运行停止。松开按钮 SB，KA2 断电释放。第五次按动按钮 SB，重复上述过程。

12-28　直流电动机正反转控制电路

对于要求频繁进行正反转运行的直流电动机，常采用改变电枢电流方向的方式来改变电动机的转向，其控制电路如图 12-28 所示。按下正转按钮 SB1，正转接触器 KM1 获电动作，其辅助触点动作：一方面常开触点闭合自锁，接通正转控制电路；另一方面，常闭触点释放，断开反转控制电路，电动机正向转动。反转时，先按下停止按钮 SB2，电动机断电，再按反转按钮 SB3，反转接触器 KM2 获电动作，经类似过程，电动机反向转动。

为了避免过电压损坏电动机，在励磁电路中接有放电电阻 RL，其阻值一般为励磁绕组阻值的 5～8 倍。

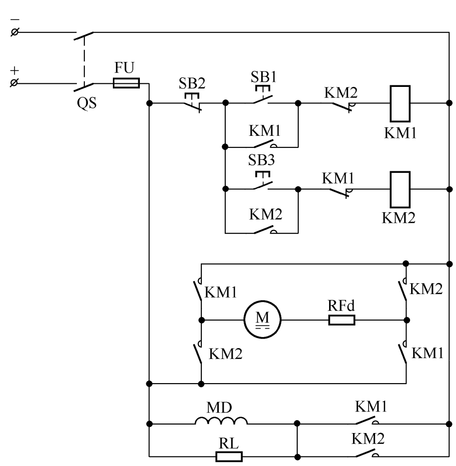


图 12-28　直流电动机正反转控制电路

12-29 用转换开关预选的正反转启停控制电路

要使三相异步电动机反转，只需将引向电动机定子的三相电源线中的任意两根导线对调即可。图 12-29 所示电路利用开关 S 先预选正反转，然后用单个按钮控制启停，主回路未画。

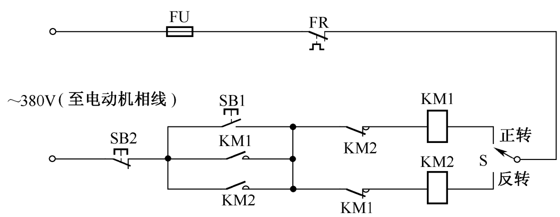


图 12-29 用转换开关预选的正反转启停控制电路

12-30 自动往返控制电路

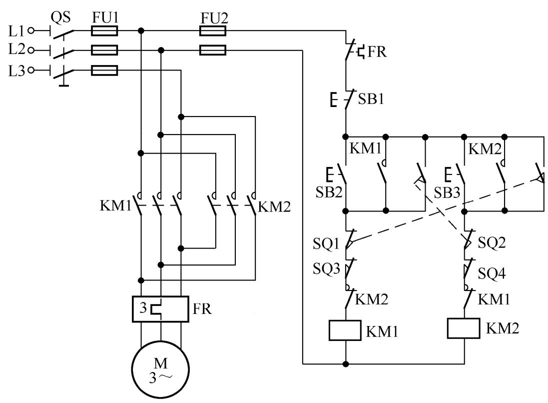


图 12-30 自动往返控制电路

如图 12-30 所示，按下 SB2，接触器 KM1 线圈获电动作，电动机启动正转，通过机械传动装置拖动工作台向左运动；当工作台上的挡铁碰撞行程开关 SQ1（固定在床身上）时，其常闭触点断开，接触器 KM1 线圈断电释放，电动机断电停转；与此同时 SQ1 的常开触点闭合，接触器 KM2 线圈获电动作并自锁，电动机反转，拖动工作台向右运动；这时行程开关 SQ1 复原。当工作台向右运动行至一定位置时，挡铁碰撞行程开关 SQ2，使常闭触点断开，接触器 KM2 线圈断电释放，电动机断电停转，同时 SQ2 常开触点闭合，接通 KM1 线圈电路，电动机又开始正转。这样往复循环直到工作完毕。按下停止按钮 SB1，电动机停转，工作台停止运动。另外，还有两个行程开关 SQ3、SQ4 安装在工作台往返运动的方向上，它们处于工作台正常的往返行程之外，起终端保护作用，以防 SQ1、SQ2 失效，造成事故。

12-31 仅用一个行程开关实现自动往返控制电路

在众多的自动往返控制电路中，通常均采用两个行程开关来实现自动往返控制。这种控制方法安装施工困难，使用导线多，维修起来较麻烦。为此，本例介绍仅用一个双轮 LX19－232 型不可复位式行程开关完成某设备拖板系统的自动往返控制电路。仅用一个行程开关实现自动往返控制电路如图 12-31 所示。

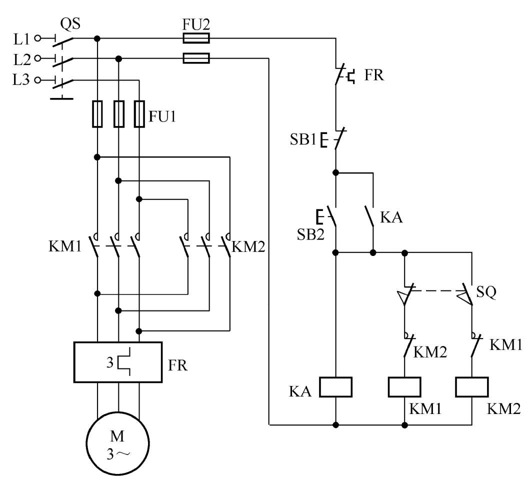


图 12-31 仅用一个行程开关实现自动往返控制电路

启动拖板时，按下启动按钮 SB2，中间继电器 KA 得电吸合且自锁，交流接触器 KM1 线圈得电吸合，其主触点闭合，电动机 M 正转运行（拖板向左移动）。当拖板向左移动到位时，左边到位撞块将行程开关 SQ 撞动转态（即行程开关 SQ 的常闭触点断开，常开触点闭合），交流接触器 KM1 线圈断电释放，电动机 M 正转运行停止（拖板向左移动停止）。同时，交流接触器 KM2 线圈得电吸合，其主触点闭合，电动机 M 反转运行（拖板向右移动），当拖板向右移动到位时，右边到位保护撞块将行程开关撞动恢复为原来状态（即行程开关 SQ 的常

闭触点闭合，常开触点断开），此时，交流接触器 KM1 线圈又得电吸合，其主触点闭合，电动机 M 再次正转运行（拖板向左移动）。这样一直重复循环，从而实现自动往返控制。

如果需要停止拖板运转电动机，则按下拖板停止按钮 SB1 即可。

行程开关 SQ 可安装在机器中间位置，左右两只保护撞块可分别安装在移动拖板上（安装距离必须左右对称，具体尺寸可根据实际要求确定），且须根据 LX19－232 型行程开关的动作要求各自错开一定的角度，使左右撞块在动作时能分别撞动 LX19－232 行程开关的各个轮珠即可。

该方法简单、实用，维修安装方便，是一种理想的自动往返控制电路。

12-32　带有启动熔丝的启动电路

如图 12-32 所示是带有启动熔丝的启动控制电路，因三相交流电动机启动电流很大（一般是电动机额定工作电流的 1.5～2.5 倍），故选用的熔丝的额定电流较大，这对保护电动机是很不利的。控制电路中当电动机启动时，第二路启动熔断装置与第一路运行熔断装置并联工作。待电动机启动完毕，正常运行时，第二路启动熔断装置自动退出。这样，电动机运行时的额定电流和所装设的执行运行保护功能的熔丝的额定电流一致，一旦发生过流或其他故障，能迅速熔断熔丝，安全保护电动机。

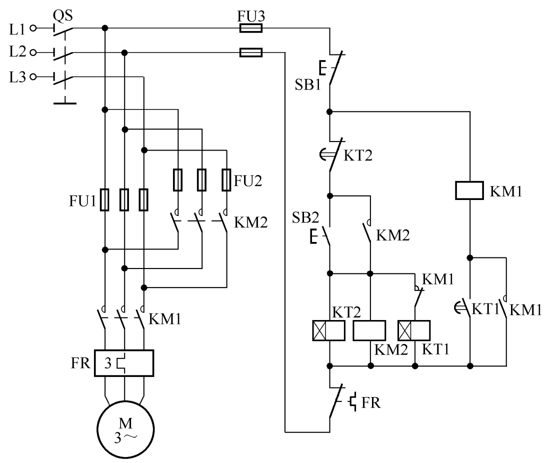


图 12-32　带有启动熔丝的启动控制电路

工作原理是：当启动电动机时，按下 SB2 按钮，接触器 KM2 得电，第二路启动熔断装置与第一路运行熔断装置并联工作。同时，时间继电器 KT1 得电，经过零点几秒后（时间调到最小位置），使 KT1 常开触点闭合，接通 KM1，电动机正常运行。在 KM2 得电时，时间继电器 KT2 也同时得电，经过 1～33s 后（调到电动机启动完毕，正常运行时）动作，使 KT2 常闭触点断开，接触器 KM2 失电释放，第二路启动熔断装置退出，同时，时间继电器 KT1 和 KT2 失电，停止时按停止按钮 SB1 即可。

在选择熔丝时，第一路运行熔丝的额定电流应等于电动机的额定电流；第二路启动熔丝的额定电流一般可选择和第一路同样大，如果是重负荷启动，则应酌情增大。

12-33　仅用一个按钮控制电动机启停电路

一般用两个按钮控制一台电动机的启动和停止，但在某些特殊场合（如多点控制和远距离控制时，需要大量的导线和按钮，为节省连接导线和减少按钮数目）或某些特殊设备上，需要采用一个按钮控制电动机的启动和停止。

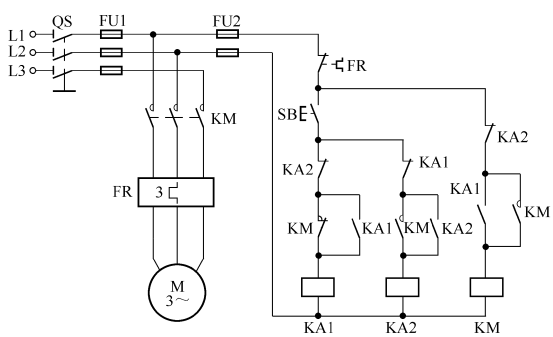


图 12-33　仅用一个按钮控制电动机启停电路

仅用一个按钮控制电动机的启动和停止电路如图 12-33 所示。启动时，按下按钮 SB，继电器 KA1 线圈得电吸合，KA1 常开触点闭合，交流接触器 KM 线圈通电，KM 吸合并自锁，电动机启动，KM 的常开辅助触点闭合，常闭辅助触点断开，这时，继电器 KA2 的线圈因 KA1 的常闭触点已断开而不能通电，所以 KA2 不能吸合。松开按钮 SB，因 KM 已自锁，所以交流接触器 KM 仍吸合，电动机继续运转。但这时 KA1 因 SB 被松开而断电释放，其常闭触点复位，为接通 KA2 做好准备。

需要停机时，第二次按下按钮 SB，这时继电器 KA1 线圈通路被 KM 常闭触点切断，所以 KA1 不会吸合，而 KA2 线圈通电吸合。KA2 吸合后，其常闭触点断开，切断 KM 线圈电源，KM 断电释放，电动机停转。

12-34　单线远程控制电动机启停电路

当远地控制电动机启动、停止时，为了节省导线，可以采用单根导线控制的电动机启停电路，单线远程控制电动机启停电路如图 12-34 所示。

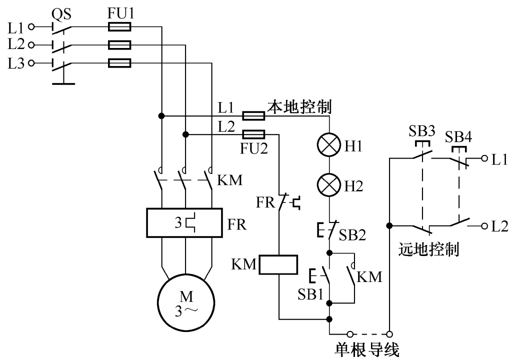


图 12-34　单线远程控制电动机启停电路

本地控制：合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB1，接触器 KM 得电吸合并自锁，电动机 M 启动运转。按下停止按钮 SB2，电动机停止运转。安装连接时，本地控制按钮按一般常规控制电路连接，只是在本地停止按钮前串联两个灯泡。

远地控制：合上电源开关，当需要远地启动电动机时，按下远程控制按钮 SB3，远地的 L1 相电源给交流接触器 KM 线圈供电，KM 吸合，电动机启动运转，松开按钮 SB3，本地 L1 相电源通过两个灯泡继续给交流接触器 KM 供电。远地停机时，按下按钮 SB4，KM 线圈两端都为 L2 电源，同相时，KM 释放，电动机停止运行。

在正常运行时，KM 线圈与两个 220V 的灯泡串联，灯泡功率可根据接触器的规格型号来确定。经过实验，CDC10－40 型的交流接触器的线圈，可用功率为 60W 的两个灯泡串联，能使 40A 的交流接触器线圈可靠吸合。如果是大于 40A 的交流接触器，应适当增大灯泡功率。在正常工作时两只灯泡不亮，在远地按下 SB4 停机按钮时，灯泡会瞬间亮一下，这也可作为停机指示灯。

此电路应接在同一的三相四线制电力系统中。安装时要注意电源相序。

12-35　能发出启停信号的控制电路

一些大型的机械设备，靠电动机传动的运动部件移动范围很大，故启动前都需要发出启动信号，经过一段时间再启动电动机，以便告知工作人员及维修人员远离设备，图 12-35 所示电路可实现自动发出开车信号这一功能。

需要启动时，按下 SB2 开车按钮，继电器 KA 得电吸合并自锁，其常开触点闭合，电铃和灯光均发出启动信号，此时时间继电器 KT 也同时得电，经过 1min 后（时间可根据需要调整），KT 常开触点延时闭合，接触器 KM 线圈获电，KM 主触点闭合，常开辅助触点自锁，电动机 M 开始运转，同时由于 KM 的吸合，其常闭触点又断开了 KA 和 KT，电铃和灯泡失电停止工作。

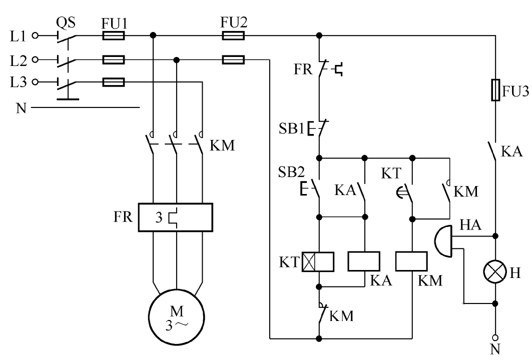


图 12-35　能发出启停信号的控制电路

12-36　两台电动机按顺序启动、同时停止的控制电路

某些生产机械有两台以上的电动机，因它们所起的作用各不相同，有时必须按一定的顺序启动，才能保证正常生产。两台电动机按顺序启动、同时停止的控制电路如图 12-36 所示。

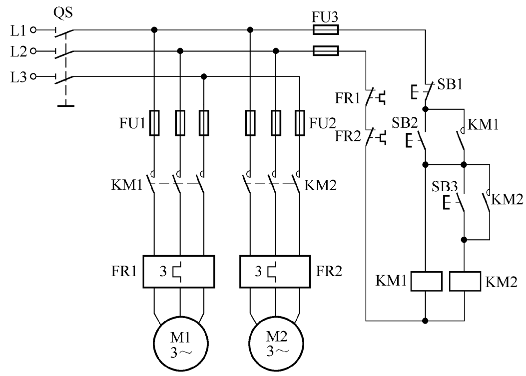


图 12-36　两台电动机按顺序启动、同时停止的控制电路

按下 SB2，接触器 KM1 获电吸合并自锁，其主触点闭合，电动机 M1 启动运转。KM1 的自锁触点闭合，为 KM2 得电做准备。若接着按下 SB3，则接触器 KM2 获电吸合并自锁，电动机 M2 启动运转。

按下 SB1，接触器 KM1 和 KM2 均失电释放，电动机 M1 和 M2 同时停转。

12-37　两台电动机按顺序启动、分开停止的控制电路

两台电动机在按顺序启动运转后，第二台电动机就不再受限制于第一台电动机。也就是说，第二台电动机必须在第一台电动机启动后才能启动，但当第一台电动机停转后，第二台电动机仍能保持运转。本例电路能实现这一功能，两台电动机按顺序启动、分开停止的控制电路如图 12-37 所示。

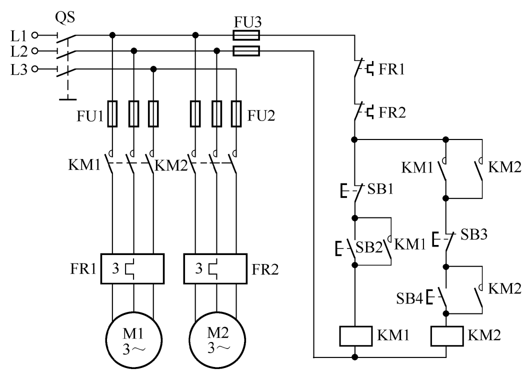


图 12-37　两台电动机按顺序启动、分开停止的控制电路

按下 SB2，接触器 KM1 获电吸合并自锁，其主触点闭合，电动机 M1 启动运转，KM1 的常开触点作为先决条件串联在接触器 KM2 线圈控制电路中，保证 M1 启动后 M2 才能启动。按下 SB4，接触器 KM2 获电吸合并自锁，电动机 M2 启动运转。

按下 SB1，接触器 KM1 断电释放，其主触点断开，电动机 M1 停止运转，由于 KM2 的常开辅助触点并联在 KM1 常开辅助触点的两端，所以在接触器 KM1 断电释放、M1 停转后，M2 仍能保持运转。需要 M2 停机时，按下 SB3，接触器 KM2 断电释放，其主触点断开，电动机 M2 停止运转。

12-38　自动切换的两台电动机按顺序启动、逆序停止电路

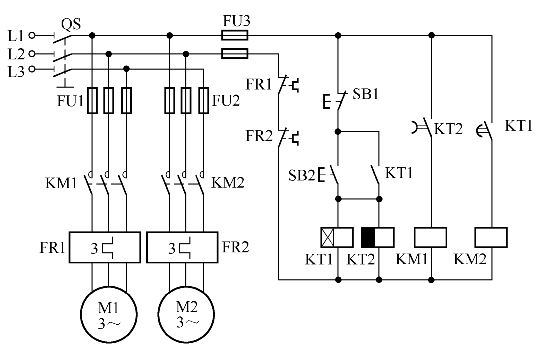


图 12-38　自动切换的两台电动机按顺序启动、逆序停止电路

本例电路在控制电气设备的启动时，先启动电动机 M1，延时自动启动电动机 M2，而在停止时则相反，即先停止电动机 M2，再延时自动停止电动机 M1。自动切换的两台电动机按顺序启动、逆序停止电路如图 12-38 所示。

工作原理是：当启动时，按下启动按钮 SB2，得电延时时间继电器 KT1 及失电延时时间继电器 KT2 线圈同时得电吸合且 KT1 不延时瞬动触点闭合自锁。KT2 失电延时断开的常开触点闭合，交流接触器 KM1 线圈得电吸合，其主触点 KM1 闭合，电动机 M1 启动。经一定延时后，KT1 延时闭合的常开触点闭合，交流接触器 KM2 线圈得电吸合，KM2 主触点闭合，电动机 M2 启动，实

现先启动电动机 M1 再自动启动电动机 M2。

停止时，则按下停止按钮 SB1，此时 KT1、KT2 线圈均失电释放。KT1 得电，延时闭合的常开触点恢复常开，KM2 线圈断电释放，电动机 M2 停止工作；经一定延时后，KT2 失电，延时断开的常开触点恢复常开，KM1 线圈断电释放，电动机 M1 停止工作。完成停止时，先停止电动机 M2 再自动停止电动机 M1。

12–39　电动机延时开机的间歇运行电路

该电路合上电源开关后，电动机并不马上启动，而要延迟一段规定的时间，可用于机床自动间歇润滑控制等。电动机延时开机的间歇运行电路如图 12–39 所示。

当合上电源开关 QS 和手动开关 SA 时，时间继电器 KT1 获电吸合，计时开始。达到 KT1 整定时间后，其延时闭合触点闭合，接触器 KM 获电吸合，电动机启动运转。同时 KT2 也获电吸合，经过一段时间后，KT2 延时闭合触点闭合，使继电器 KA 得电吸合，KA 常闭触点断开，KT1 失电释放，其触点断开，KT2、KM、KA 均失电，电动机停转，但手动开关 SA 仍处于闭合状态，于是 KT1 又进入计时状态。至计时时间到达后，KT1 触点闭合，电动机又开始启动运行。以后的运行过程与前述相同，电动机 M 开开停停，周而复始。

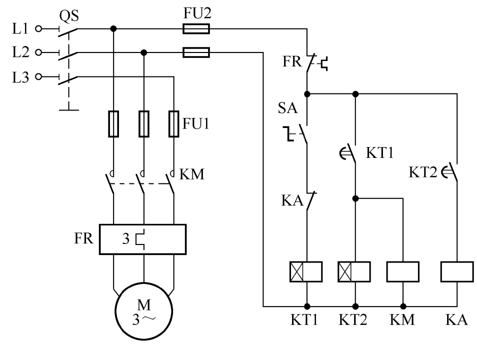


图 12–39　电动机延时开机的间歇运行电路

12–40　带有报警装置的电动机短暂停电来电后自动再启动电路

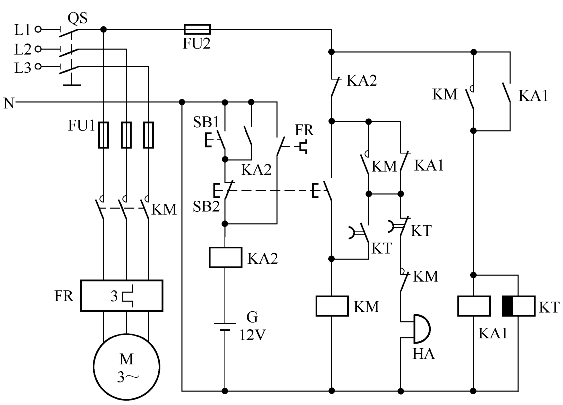


图 12–40　带有报警装置的电动机短暂停电来电后自动再启动电路

带有报警装置的电动机短暂停电来电后自动再启动电路如图 12–40 所示。本电路所控制的电动机，在电路停电时间小于设定时间的情况下，可以实现自动快速再启动。当电路停电时间超出设定时间后重新来电时，电动机无法再自动启动，同时电铃发声报警，告知操作者进行处理。

在按下启动按钮 SB2 时，交流接触器 KM 线圈得电吸合。KM 的主触点闭合，电动机 M 启动运转；KM 的辅助常开触点闭合，使中间继电器 KA1 和时间继电器 KT 线圈同时得电吸合，且 KA1 的常开触点闭合自锁，KT 延时断开的常开触点闭合，使 KM 自锁，电动机 M 正常运转。同时，KA1 的常闭触点断开，为电路跳闸停电后恢复供电重新自动启动电动机 M 做准备。

当电路跳闸停电时，KM、KA1、KT 线圈同时断电释放，M 停止工作。由于 KA1 的释放，并联在 KM 自锁常开触点上的常闭触点 KA1 恢复常闭状态；同时 KT 失电，延时断开触点延时断开，假如在 KT 延时时间内（整定为 3min）供电恢复正常，KM 则通过小型灵敏继电器 KA2（JRX – B – 44 型）的常闭触点、KA1 的常闭触点、KT 的延时断开的触点形成回路而自动吸合，使电动机 M 立即启动运转。在正常停止时，按下停止按钮 SB1，KA2 线圈得电吸合并自锁。KA2 的常闭触点断开，切断了 KM 线圈回路电源，KM 断电释放，KM 的主触点断开，使 M 断电停止运转。当 M 出现过载时，热继电器 FR 动作，其常开触点闭合，使 KA2 立即得电吸合，同样切断 KM 线圈回路，KM 断电释放，M 停止运转，如果 FR 动作后没有复位，控制回路将无法重新启动工作，必须在故障排除后或 FR 自动复位后方可重新启动。

如果机器在运转过程中，电路停电时间超出设定时间后重新来电，则电动机 M 无法再自动启动，同时使电铃 HA 回路接通报警，告知操作者进行处理。按下 SB1，报警解除。

12–41　电动机长时间停电来电后自动再启动电路

电动机长时间停电来电后自动再启动电路如图 12–41 所示。正常启动时，合上开关 SA，电源经中间继电器

KA 的常闭触点使通电延时时间继电器 KT 得电吸合，经延时，其延时闭合的常开触点闭合，使接触器 KM 得电吸合，其主触点闭合，启动电动机，其辅助触点闭合自锁，另一辅助触点闭合，使 KA 得电吸合。KA 的常闭触点断开，使 KT 失电释放，切除时间继电器。

若电动机运转时出现停电情况，则 KM 失电释放，其主触点断开，电动机停转，其辅助触点也断开。KA 失电释放，其常闭触点复位闭合，即整个电路除 SA 外其他部分均恢复到原来的静止状态。

无论停电时间多长，只要下次来电，时间继电器 KT 就能得电吸合，经延时，其延时触点闭合，使 KM 得电吸合并自锁，电动机启动运转。显然，再来电后，电动机相当于一次正常启动的自启动。

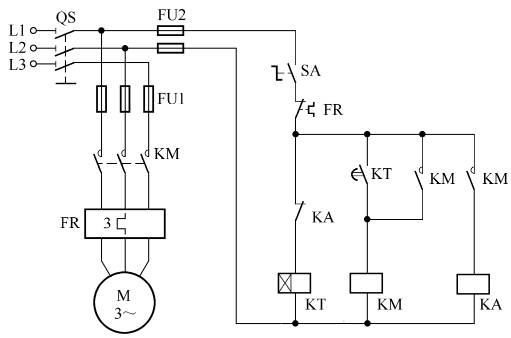


图 12-41　电动机长时间停电来电后自动再启动电路

12-42　两条运输原料传送带的电气控制电路

有两条传送带，分别由两台电动机拖动，在拖动第一条传送带的电动机 M1 先行启动后，经过一段时间，拖动第二条传送带的电动机 M2 自动启动；在电动机 M2 停转后，再经过一段时间，电动机 M1 自动停转。两条运输原料传送带的电气控制电路如图 12-42 所示。

启动时，按下按钮 SB1，接触器 KM1 和时间继电器 KT1 得电吸合，KM1 主触点闭合，辅助触点自锁，电动机 M1 启动运转。经过一段时间，时间继电器 KT1 延时闭合的触点闭合，接触器 KM2 得电吸合并自锁，电动机 M2 启动运转。KM2 串联在 KT1 线圈回路中的常闭触点断开，使 KT1 失电释放。

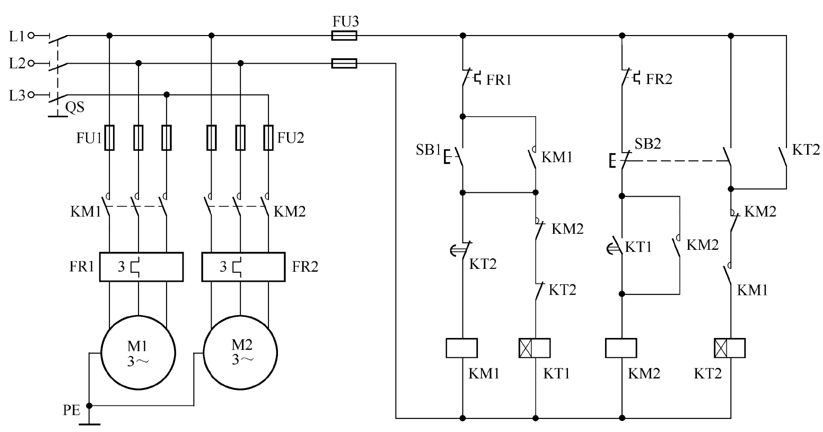


图 12-42　两条运输原料传送带的电气控制电路

电动机停转时，按下复合按钮 SB2，接触器 KM2 失电释放，其主触点断开，电动机 M2 停转。SB2 的另一触点闭合，接通了时间继电器 KT2 线圈回路，KT2 得电吸合，其瞬动触点闭合，在 SB2 松开后，KT2 线圈仍保持吸合。经过一段时间，KT2 延时断开的触点断开，接触器 KM1 失电释放，其主触点断开，电动机 M1 停转。同时，KM1 的常开触点断开 KT2 线圈回路，KT2 失电释放。

12-43　多台电动机既可同时启动又可有选择启动的控制电路

组合机床通常是多刀、多面同时对工件进行加工的，这样就要求多台电动机同时启动，而且要求这些电动机能单独调整。本例为三台电动机既可同时启动又可有选择启动的控制电路。其中 SA1、SA2、SA3 为复合开关，分别为三台电动机单独工作的调整开关。多台电动机可同时启动又可有选择启动的控制电路如图 12-43 所示。

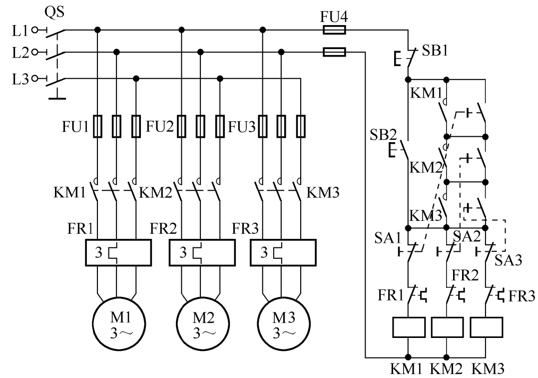


图 12-43　多台电动机可同时启动又可有选择启动的控制电路

启动时，复合开关 SA1～SA3 均处于常开触点断开、常闭触点闭合的状态。按下启动按钮 SB2 后，KM1、KM2、KM3 同时得电吸合并自锁，三台电动机 M1、M2、M3 同时启动。按下停止按钮 SB1 时，KM1、KM2、KM3 同时失电释放，电动机 M1、M2、M3 同时停转。

如果要对某台电动机所控制的部件单独调整，如对 KM1 所控制的部件单独调整，即需电动机 M1 单独工作，只要扳动 SA2、SA3，使其常闭触点断开、常开触点闭合，这时按下 SB2，则只有 KM1 得电吸合并自锁，使 M1 启动运行，达到单独调整的目的。这样经过选择 SA1～SA3，即可选择使用哪一台电动机。

12-44　低速脉动控制电路

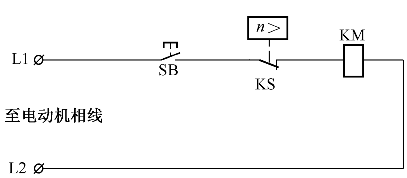


图 12-44　低速脉动控制电路

电动机低速脉动控制电路一般用于机床变速、对刀等场合，它的接线方法如图 12-44 所示。当按下控制按钮 SB 时，交流接触器线圈得电吸合，电动机运行。当电动机转速上升到速度继电器动作时，KS 常闭触点断开、接触器 KM 释放，电动机断电；当电动机速度下降到速度继电器复位时，KS 触点又重新闭合，使 KM 再次接通，电动机再次启动运行。这样重复上述动作，使电动机在低速脉动中转动（电动机主电路未画出）。

12-45　电动阀门控制电路（一）

电动阀门控制电路由以下三部分组成：主电路、控制电路及能耗制动电路。主电路包括电源开关 QF，三相交流接触器 KM1、KM2 的主触点，热继电器 FR 的元件和三相交流电动机 M 等。控制电路包括控制按钮 SB1～SB5，交流接触器 KM1～KM3 的线圈及它们的辅助触点，电源变压器 T1、T2，信号指示灯 EL1～EL4，闪光开关 S1、S2，状态选择开关 SA1、SA2 及位置开关 SQ1、SQ2 等。能耗制动电路包括桥式整流器 BUR、限流电位器 RP、储能电容器 C 及交流接触器 KM3 的主触点等。电动阀门控制电路如图 12-45 所示。

当电路处于热备用状态时，可以通过选择 SA1、SA2 的开关位置确定主电路受控或不受控。当 SA1（SA2）位于左边时，KM1（KM2）的线圈退出运行；当 SA1（SA2）位于右边时，KM1（KM2）的线圈投入运行。当 SA1（SA2）位于左边时，信号指示灯点亮，操作人员或检修人员可以利用这一挡检查控制电路是否得电；当 SA1（SA2）位于右边时，信号指示灯不亮，只有在启动阀门电动机后，信号指示灯 EL1、EL2（EL3、EL4）才会闪烁发光。

合上电源开关 QF，将选择开关 SA1 置于右边，按下 SB1（或 SB2），电流依次经过 V11→SB1（或 SB2）→KM2 的触点（2-3）→KM1 线圈→SQ2→SA1→FR 的触点（7-9）→KM3 的触点（9-10）→SB5→W11，KM1 线圈得电动作并自锁，阀门电动机旋转，打开阀门。在 KM1 的触点（5-6）接通后，闪光开关 S1 工作，红灯

EL1 和绿灯 EL2 作闪光指示。当阀门开到极限位置时，SQ2 断开，KM1 的线圈失电，其主触点复位，阀门电动机的电源被断开，阀门电动机停止工作。

将选择开关 SA2 置于右边时，按下 SB3（或 SB4），电流依次经过 V11→SB3（或 SB4）→KM1 的触点（13－14）→KM2 线圈→SQ1→SA2→FR 的触点（7－9）→KM3 的触点（9－10）→SB5→W11，KM2 线圈得电吸合并自锁，阀门电动机旋转，关闭阀门。在 KM2 的触点（12－15）接通后，闪光开关 S2 工作，红灯 EL3 和绿灯 EL4 作闪光指示。当阀门关到极限位置时，位置开关 SQ1 断开，KM2 的线圈失电，其主触点复位，阀门电动机的电源被断开，阀门电动机停止工作。

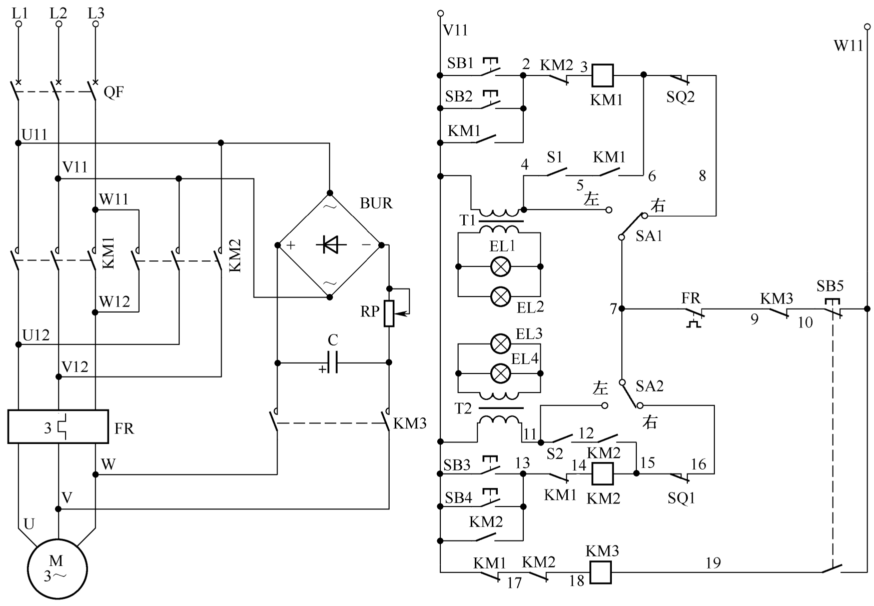


图 12-45　电动阀门控制电路一

在阀门开启或关闭过程中，可随时按下停机按钮 SB5，其常闭触点断开，使 KM1 或 KM2 的线圈失电释放，电动机失电。同时，SB5 的常开触点（19－W11）闭合，KM3 线圈得电吸合，其触点（9－10）断开，防止 KM1 或 KM2 误动作，KM3 的主触点闭合，使桥式整流器的输出和电容器的储能同时作用于电动机的绕组，产生制动力矩，使电动机瞬时停转。这样，可以使阀门准确无误地按要求停到指定位置。

图 12-45 中电位器 RP 起限流作用，通过调整 RP 可获得制动电流，通常能耗制动电流取 4.5A。图中电解电容器可按照阀门电动机的功率选用，如果阀门电动机的功率在 2kW 以下，可选用 100～200μF 的电容器；如果阀门电动机的功率在 2～5.5kW 之间，可选用 400μF 左右的电容器。电容器的耐压在 600V 以上。

12-46　电动阀门控制电路（二）

电动阀门主电路如图 12-46（a）所示，电动阀门控制电路如图 12-46（b）所示。

开阀时按下阀钮 SB2，电源 L1 相→控制开关 SA 触点接通→1 号线→控制熔断器 FU1→3 号线→停止按钮 SB1 的常闭触点→5 号线→SB2 的常开触点（按下时闭合）→7 号线→按钮 SB3 的常闭触点→9 号线→关阀接触器 KM4 的常闭触点→11 号线→开阀接触器 KM3 线圈→6 号线→行程开关 SQ1 的常闭触点→4 号线→热继电器 FR 的常闭触点→2 号线→控制熔断器 FU2→电源 L3 相。KM3 得电动作，KM3 常开触点闭合自保，阀门电动机 M 得电运转，阀门开始打开，当阀门开到全开位置时，行程开关 SQ1 的常闭触点断开，KM3 线圈断电，KM3 的三个触点断开，电动机 M 断电停转，开阀动作停止，行程开关 SQ1 常开触点闭合，阀门全开指示灯 EL3 得电，灯亮，表示阀门处于全开状态。

关阀时按关阀钮 SB3，电源 L1 相→控制开关 SA 触点接通→1 号线→控制熔断器 FU1→3 号线→停止按钮 SB1 的常闭触点→5 号线→SB3 的常开触点（按下时闭合）→13 号线→按钮 SB2 的常闭触点→15 号线→开阀接触器 KM3 的常闭触点→17 号线→关阀接触器 KM4 线圈→8 号线→行程开关 SQ2 的常闭触点→4 号线→热继电器 FR 的常闭触点→2 号线→控制熔断器 FU2→电源 L3 相。KM4 得电动作，KM4 常开触点闭合自锁，阀门电动机 M 得到按 L3、L2、L1 排列的 380V 电源运转，阀门开始向关的方向转动，阀门全关到位时，行程开关 SQ2 的常

闭触点断开，KM4 线圈断电，KM4 三个主触点断开，电动机 M 断电停转，关阀动作停止，行程开关 SQ2 的常开触点闭合，阀全关指示灯 EL2 得电，灯亮，表示阀门处于全关状态。

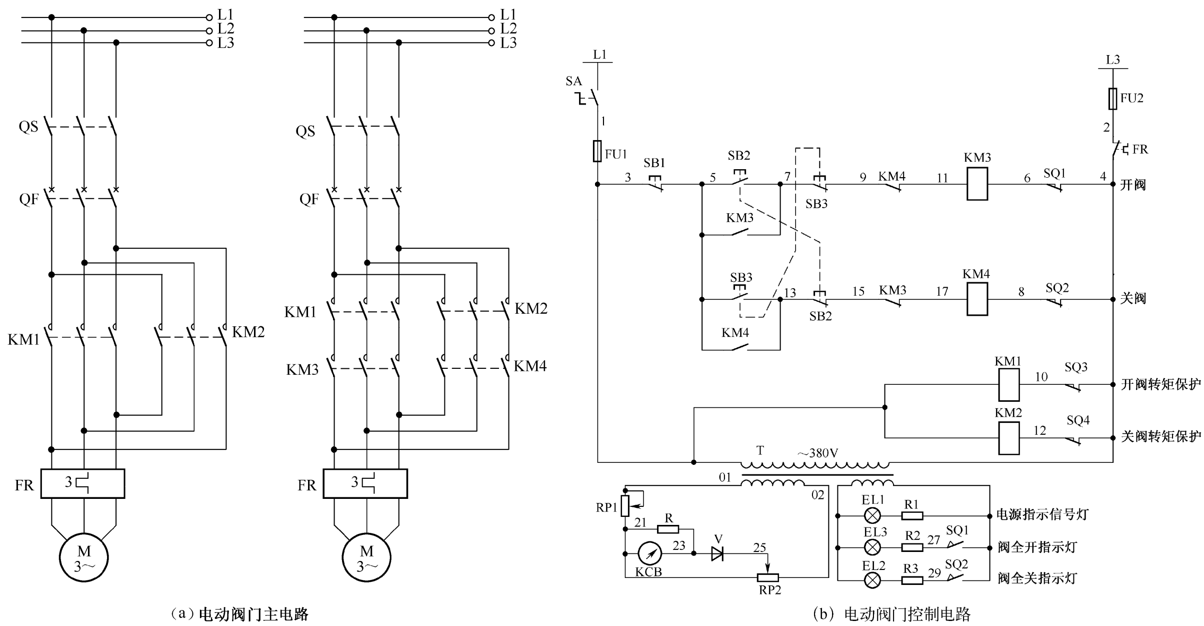


图 12-46　电动阀门控制电路二

阀门转矩限制保护时阀门开到规定的位置，并碰上行程开关 SQ1 后，由于行程开关 SQ1 失灵，SQ1 常闭触点不能断开，KM3 控制电路不断电，KM3 在吸合中，电动机 M 仍在运转，而使输出轴上的转矩限制机构动作，转矩限制机构又使限位开关 SQ3 动作，SQ3 常闭触点断开，KM1 断电释放，电动机断电停转，开阀动作停止，起到对电动阀门的开阀超限保护作用。

阀门关到规定的位置并碰上行程开关 SQ2 后，由于行程开关 SQ2 失灵，其常闭触点不能断开，KM4 控制电路不断电，KM4 在吸合中，电动机 M 仍在运转，而使输出轴上的转矩限制机构动作，转矩限制机构又使限位开关 SQ4 动作，SQ4 常闭触点断开，电源接触器 KM2 断电释放，电动机 M 断电停转，而使关阀动作停止，起到对电动阀门关阀的保护作用。

12-47　串励直流电动机刀开关可逆控制电路

图 12-47 所示为串励直流电动机刀开关可逆控制电路。图中 S 为双刀双掷开关，通过 S 可改变电枢绕组的电流方向，从而在接通直流电源后改变电动机的方向。切换刀开关 S 时，电动机励磁绕组的电流方向始终不变。这种电路可用在电瓶（术语为蓄电池）车上。

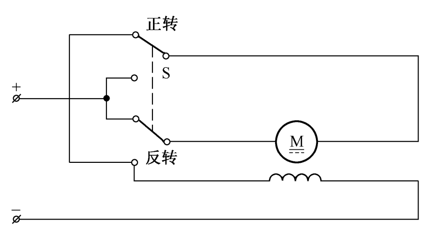
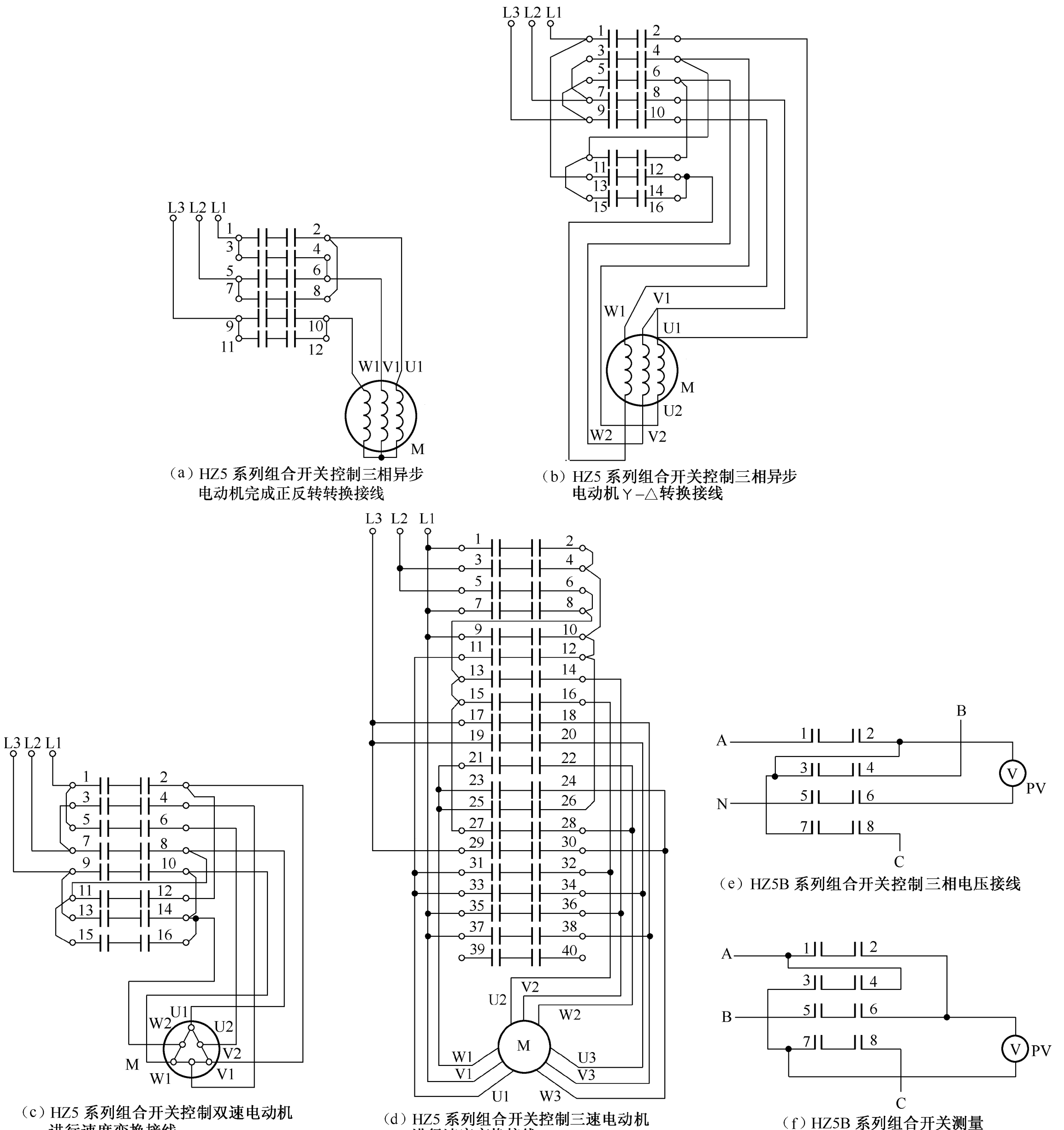


图 12-47　串励直流电动机刀开关可逆控制电路

12-48　HZ5 系列组合开关应用电路

用 HZ5 系列组合开关控制三相异步电动机完成正反转转换接线，如图 12-48（a）所示。

用 HZ5 系列组合开关控制三相异步电动机Y－△转换接线，如图 12-48（b）所示。



（a）HZ5 系列组合开关控制三相异步电动机完成正反转转换接线

（b）HZ5 系列组合开关控制三相异步电动机Y-△转换接线

（c）HZ5 系列组合开关控制双速电动机进行速度变换接线

（d）HZ5 系列组合开关控制三速电动机进行速度变换接线

（e）HZ5B 系列组合开关控制三相电压接线

（f）HZ5B 系列组合开关测量三相电压接线

图 12-48　HZ5 系列组合开关应用电路

用 HZ5 系列组合开关控制双速电动机进行速度变换接线，如图 12-48（c）所示。

用 HZ5 系列组合开关控制三速电动机进行速度变换接线，如图 12-48（d）所示。

用 HZ5B 系列组合开关控制三相电压接线，如图 12-48（e）所示。

用 HZ5B 系列组合开关测量三相电压接线，如图 12-48（f）所示。

12-49　用 GYD-16/C 型气压开关控制电动机电路

GYD-16/C 型气压开关应用非常普遍。图 12-49 所示的电路为基本控制电路，当气压开关 S 合上时，通过 S 的通断动作直接控制交流接触器 KM1 的吸合与断开，从而使电动机 M 启动或停止。若所控电动机功率较小，可去掉所有控制装置，将气压开关 S 直接与电动机串联即可，但没有过载保护装置。

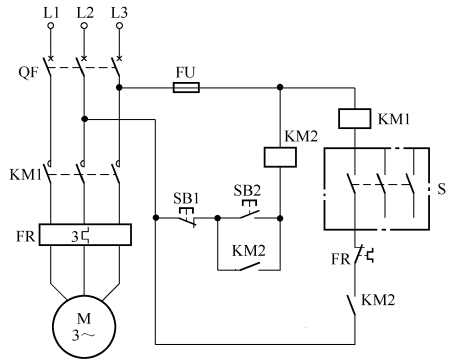


图 12-49　用 GYD - 16/C 型气压开关控制电动机电路

12-50　电动葫芦的电气控制电路

电动葫芦是用来提升或下降重物，并能在水平方向移动的起重运输机械。它具有质量小、结构简单、操作方便等优点。一般电动葫芦只有一个恒定的运行速度，广泛应用于工矿企业中，进行小型设备的安装、吊运和维修。电动葫芦的电气控制电路如图 12-50 所示。

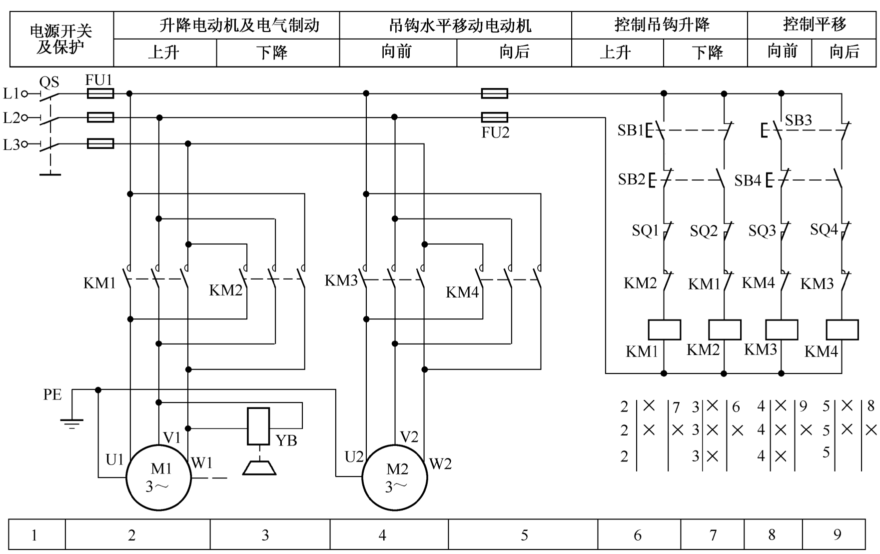


图 12-50　电动葫芦的电气控制电路

电动机 M1 为吊钩升降电动机，用来提升货物，由接触器 KM1、KM2 进行正反转控制，以实现吊钩升降。YB 为吊钩电动机 M1 的电磁制动器，它的线圈两端与电动机 M1 的两相电源线并联在一起，当 M1 得电时，YB 也得电并松闸，让电动机 M1 转动；M1 失电时，YB 也失电，靠弹簧力将 M1 制动。

SB1、SB2 为吊钩电动机 M1 的正反向复合启动按钮，正向接触器 KM1、KM2 线圈电路间采用复合按钮和接触器双重连锁。由于无自锁触点，因此松开按钮 SB1 或 SB2，KM1 或 KM2 就失电释放，电动机 M1 就停止转动。SQ1、SQ2 为上下限位行程开关。

M2 为移动机构电动机，用来水平移动货物，由接触器 KM3、KM4 进行正反转控制，采用复合按钮和接触器双重连锁，实现电动机 M2 的水平移动，M2 停止时不需要电磁制动。控制电路中设有限位开关 SQ3、SQ4 进行限位保护，防止电动葫芦移位时超出允许行程。

12-51　用八挡按钮操作的行车控制电路

在城镇、乡镇企业工厂里，行车是起吊重物的重要工具之一。图 12-51 画出了一般行车用八挡按钮操作控

制电路。其中总开、总停为一般交流接触器连接方法，图中上、下、左、右、前、后控制电路为点动，对应的交流接触器为 KM4、KM3、KM6、KM5、KM8、KM7，并且电路中附加有限位开关及换相互锁电路。

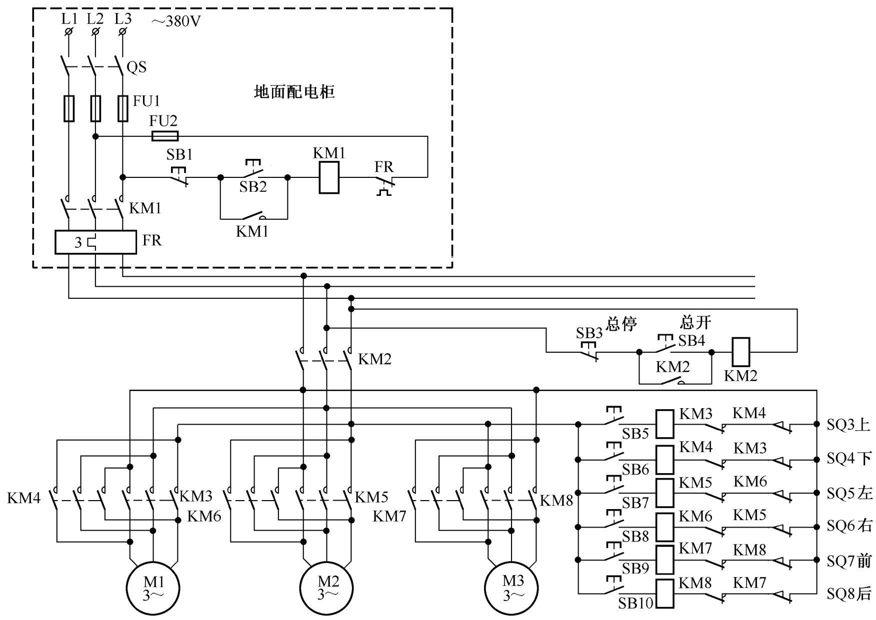


图 12-51　用八挡按钮操作的行车控制电路

12-52　10 吨桥式起重机的电气控制电路

桥式起重机是一种用来吊起和下放重物，以及在固定范围内装卸、搬运物料的起重机械，广泛应用于工矿企业、车站、码头、港口、仓库、建筑工地等场所，是现代化生产活动中不可缺少的机械设备，10t 桥式起重机的电气控制电路如图 12-52 所示。

图中有 4 台绕线转子电动机，即提升电动机 M1、小车电动机 M2、大车电动机 M3 和 M4，R1～R4 是 4 台电动机的调速电阻。电动机转速由 3 个凸轮控制器控制：QM1 控制 M1，QM2 控制 M2，QM3 控制 M3 和 M4。停车制动分别由制动器 YB1、YB4 进行。

三相电源经刀开关 QS1、电路接触器 KM 的主触点和过流继电器 FA0～FA4 的线圈送到各凸轮控制器和电动机的定子。

扳动 QM1～QM3 中的任意一个，它的 4 副主触点能控制电动机的正、反转，中间 5 副触点能短接转子电阻以调节电动机的转速，大车电动机、小车电动机和提升电动机的转向和转速都能得到控制。

M2 是小车电动机，R2 是调速电阻，YB2 是制动电磁铁，KM 是电路接触器，FA0 与 FA2 是过流继电器，SQ6 是门开关的安全保护，SA1 是紧急停开关，SB 是启动按钮。QM2 为 KTJ1－50/1 型凸轮控制器，其中上面 4 副常开触点（1～4）用来控制电动机的正反转，下面 5 副常开触点（5～9）用来切换电动机的转子电阻以启动和调节电动机的转速，最后 1 副常开触点 12 作零位保护用（此触点只在零位时才接通），另两个触点（10、11）分别与两个终端限位开关 SQ3 和 SQ4 串联，作终端保护用。触点 10 只在零位和正转（向前）时是接通的，触点 11 只在零位和反转（向后）时是接通的。

如果门开关 SQ6 和紧急开关 SA1 是闭合的，控制器放在零位，合上电源开关 QS1 后，按下启动按钮 SB，接触器 KM 得电吸合并自锁。自锁回路有两条，分别由控制器触点 10 和 SQ3 及触点 11 和 SQ4 组成。三相电源中有一相直接接电动机定子绕组。若将控制器放到正转 1 挡，触点 1、3、10 闭合（此时 KM 仅经 SQ3、触点 10 和自锁触点通电），定子绕组通电，制动电磁铁 YB2 将制动器打开，转子接入全部电阻，电动机启动，工作在最低转速挡。当控制器放在正转 2、3、4、5 各挡时，触点 5～9 逐个闭合，依次短接转子电阻，电动机运转速度越来越快。

将控制器放在反转各挡时，情况与放在正转各挡时相似（KM 经触点 11 及限位开关 SQ4 自锁）。

在运行中，若终端限位开关 SQ3 或 SQ4 被撞开，则 KM 线圈断电，电动机和制动电磁铁同时断电，制动器

QM1

触点 \ 位置	向上 5	向上 4	向上 3	向上 2	向上 1	0	向下 1	向下 2	向下 3	向下 4	向下 5
1							×	×	×	×	×
2	×	×	×	×	×						
3							×	×	×	×	×
4	×	×	×	×	×						
5	×	×	×	×				×	×	×	×
6	×	×	×						×	×	×
7	×	×								×	×
8	×										×
9	×										×
10						×	×	×	×	×	×
11	×	×	×	×	×	×					
12						×					

吊钩凸轮控制器触点闭合表

QM2

触点 \ 位置	向后 1	向后 2	向后 3	向后 4	向后 5	0	向前 1	向前 2	向前 3	向前 4	向前 5
1							×	×	×	×	×
2	×	×	×	×	×						
3							×	×	×	×	×
4	×	×	×	×	×						
5	×	×	×	×				×	×	×	×
6	×	×	×						×	×	×
7	×	×								×	×
8	×										×
9	×										×
10						×	×	×	×	×	×
11	×	×	×	×	×	×					
12						×					

小车凸轮控制器触点闭合表

QM3

触点 \ 位置	向右 5	向右 4	向右 3	向右 2	向右 1	0	向左 1	向左 2	向左 3	向左 4	向左 5
1							×	×	×	×	×
2	×	×	×	×	×						
3							×	×	×	×	×
4	×	×	×	×	×						
5	×	×	×	×				×	×	×	×
6	×	×	×						×	×	×
7	×	×								×	×
8	×										×
9	×										×
10	×	×	×	×				×	×	×	×
11	×	×	×						×	×	×
12	×	×								×	×
13	×										×
14	×										×
15						×	×	×	×	×	×
16	×	×	×	×	×	×					
17						×					

大车凸轮控制器触点闭合表

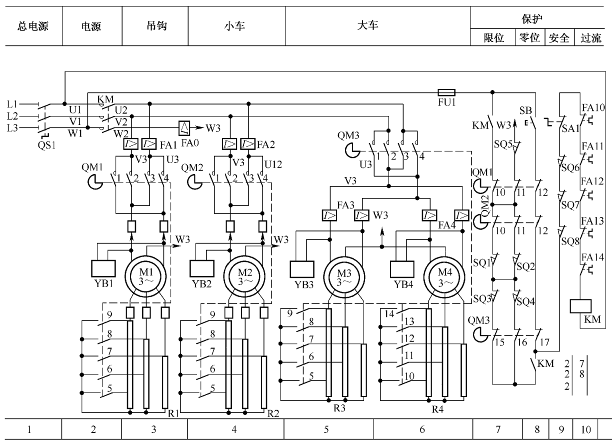


图 12-52　10 吨桥式起重机的电气控制电路

在强力弹簧作用下对电动机制动，迅速停车。若要重新启动电动机，必须先将凸轮控制器置零位，再按按钮 SB，然后将控制器扳到反方向，电动机反向启动，退出极限位置。

图 12-52 中坐标 7～10 是保护柜的电气原理图。当 3 台电动机的控制器都置于零位时，坐标 8 上的 3 个零位保护触点 QM1（12）、QM3（12）、QM3（17）都接通。当急停开关 SA1、舱口安全开关 SQ6、横梁栏杆门安全开关 SQ7 和 SQ8 及过流继电器的常闭触点 FA0～FA4 在闭合位置时，启动条件满足。这时按下按钮 SB 后，接触器 KM 得电，其主触点接通主电路，其辅助触点与终端限位开关触点（SQ1～SQ5）及控制器的触点［QM1（10）和 QM1（11）、QM2（10）和 QM2（11）、QM3（15）和 QM3（16）］串联后形成自锁环节。因此，松开 SB 或控制器离开零位都不会使 KM 释放。

第 13 章

电动机减压启动控制电路

13-1　自耦减压启动器电路

自耦减压启动是笼形感应电动机的启动方法之一。它具有结构紧凑、不受电动机绕组接线方式限制的优点，还可按容许的启动电流和所需要的启动转矩选用不同的变压器电压抽头，故适用于容量较大的电动机。

自耦减压启动器电路如图 13-1 所示。启动电动机时，将刀柄推向启动位置，此时三相交流电源通过自耦变压器与电动机相连。待启动完毕后，把刀柄打向运行位置切除自耦变压器，使电动机直接接到三相电源上，电动机正常运转。此时吸合线圈 KV 得电吸合，通过连锁机构保持刀柄在运行位置。停转时，按下 SB 按钮即可。

自耦变压器副边（又称次级、二次侧）设有多个抽头，可输出不同的电压。一般自耦变压器副边电压是原边（又称初级、一次侧）的 40%、65%、80% 等，可根据启动转矩需要选用。

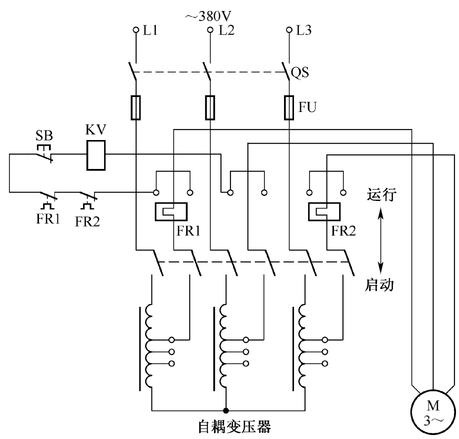
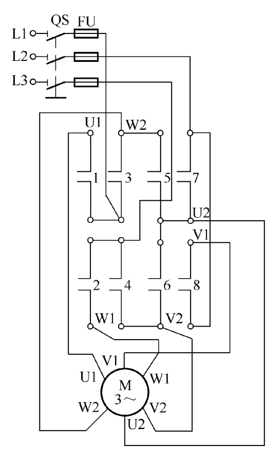


图 13-1　自耦减压启动器电路

13-2　QX1 型手动控制Y-△减压启动电路

Y-△减压启动的特点是操作方便、电路结构简单，启动电流是直接启动时的三分之一。Y-△减压启动只适用于电动机在空载或轻载情况下使用。图 13-2 所示为 QX1 型手动控制Y-△减压启动电路。

图中 L1、L2 和 L3 接三相电源，U1、V1、W1、U2、V2 和 W2 接电动机。当手柄转到“0”位时，八副触点都断开，电动机断电不运转；当手柄转到“Y”位置时，1、2、5、6、8 触点闭合，3、4、7 触点断开，电动机定子绕组接成Y减压启动；当电动机转速上升到一定值时，将手柄扳到“△”位置，这时 1、2、3、4、7、8 触点接通，5、6 触点断开，电动机定子绕组接成△正常运行。



触点	手柄位置 0	手柄位置 Y	手柄位置 △
1		通	通
2		通	通
3			通
4			通
5		通	
6		通	
7			通
8		通	通

图 13-2　QX1 型手动控制Y-△减压启动电路

13-3 时间继电器控制Y－△减压启动电路

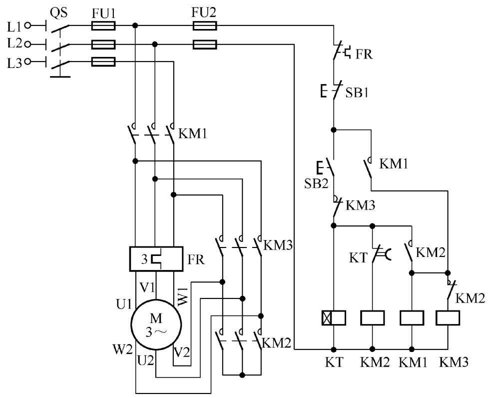


图 13-3 时间继电器控制Y－△减压启动电路

为了操作方便，有时需要使用时间继电器来自动切换Y－△减压启动器。时间继电器控制Y－△减压启动电路如图 13-3 所示。

先合上电源开关 QS，按下 SB2 启动按钮，KT、KM2 线圈获电，KM2 常开触点闭合，使接触器 KM1 线圈获电吸合并自锁，KM1 和 KM2 主触点闭合，电动机接成Y减压启动。随着电动机转速的升高，启动电流下降，这时时间继电器 KT 延时到其延时动断触点断开，使 KM2 线圈断电，KM3 线圈获电，KM3 主触点闭合，电动机接成△正常运行，这时时间继电器 KT 线圈也断电释放。

13-4 接触器控制的手动Y－△减压启动电路

接触器控制的手动Y－△减压启动电路如图 13-4 所示。合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB2，接触器 KM1 得电吸合并自锁，随后 KM3 得电吸合，电动机定子绕组接成Y减压启动。当电动机转速达到正常值时，按下按钮 SB3，首先使接触器 KM3 失电释放，电动机定子绕组解除Y连接，随后 SB3 接通接触器 KM2 线圈回路，接触器 KM2 得电吸合并自锁，电动机接成△全压运行。

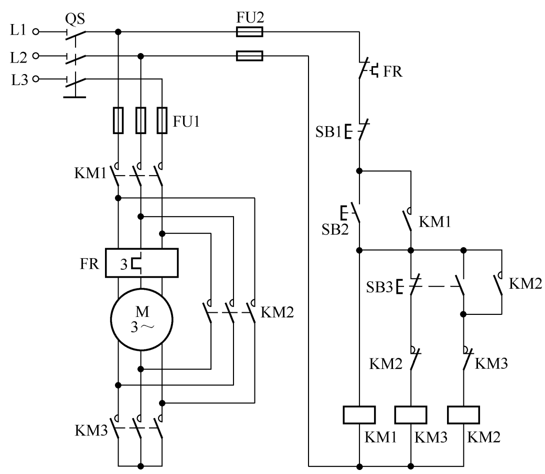


图 13-4 接触器控制的手动Y－△减压启动电路

13-5 电流继电器控制的Y－△自动减压启动电路

通常Y－△启动器是用时间继电器来控制的。时间继电器控制的不足之处是，不能随负载变化自动调整启动时间。改用电流继电器控制的Y－△启动器后，能随负荷轻重在一定范围内自动调整启动时间。

电流继电器控制的Y－△自动减压启动电路如图 13-5 所示。按下启动按钮 SB2，接触器 KM1 得电吸合，与此同时接触器 KM2 也得电吸合并自锁，KM1 和 KM2 主触点闭合，电动机接成Y降压启动。电流继电器 KI 受启动电流影响也随即吸合，其一组常开触点闭合保证 KM1 吸合，另一组常开触点闭合使时间继电器 KT 得电吸合。当电流降到额定值后，KI 失电释放，KM1 随即释放。KM1 常闭触点断开，使接触器 KM3 得电吸合，电动机接成△，在全压下运行。停止时只要按停止按钮 SB1 即可。

KT 延时断开触点的作用是保证当 KI 因故障不能释放时将 KM1 断开，其时限整定必须大于电动机最长启动时间。

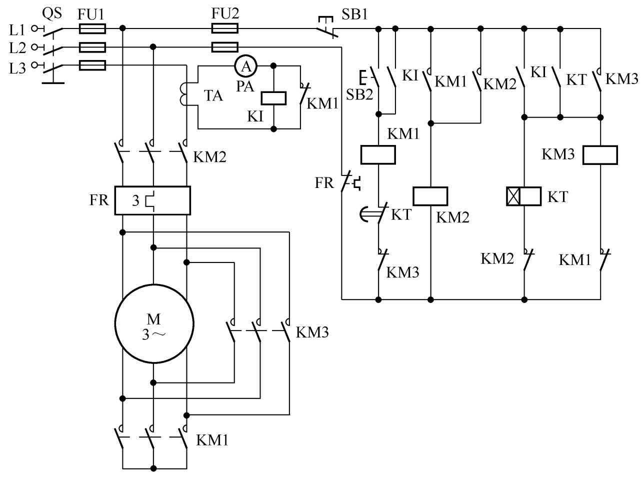


图 13-5 电流继电器控制的Y-△自动减压启动电路

13-6 能防止Y-△启动器启动后不能自动切换的电路

对于 QX3-13 型Y-△启动器，往往因时间继电器 KT 线圈断线或机械故障卡住无法动作，使电动机启动后一直在Y接法下工作，带负载时电动机发生堵转而烧毁。再者因接触器 KM3 熔焊，停止运转后再按启动按钮 SB2 时，KM2 无法获电，电动机 M 就在△接法下全压启动。

本电路能防止上述两种事故的发生，确保Y-△启动器安全运行。能防止Y-△启动器启动后不能自动切换的电路如图 13-6 所示，把 KT 的一副瞬时闭合的常开触点串联在 KM2 线圈的控制电路，这样若 KT 发生线圈断线或机构卡堵拒动，KT 瞬时闭合常开触点不能闭合，KM2 线圈无法获电，电动机 M 也就不能启动。再者 SB2 与 KM1 线圈回路之间串联一副 KM3 常闭辅助触点，如果 KM3 的主触点焊住，KM3 的常闭辅助触点已断开，就不可能再启动电动机，从而提高了Y-△启动器的可靠性。

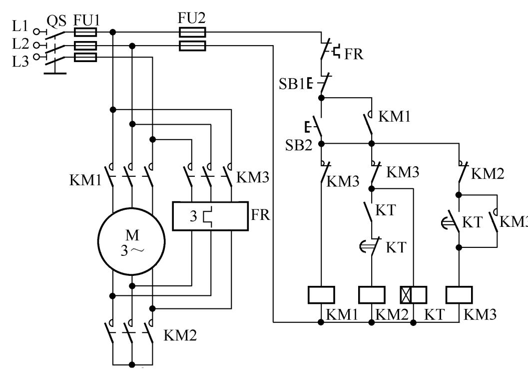


图 13-6 能防止Y-△启动器启动后不能自动切换的电路

13-7 时间继电器控制自耦变压器减压启动电路

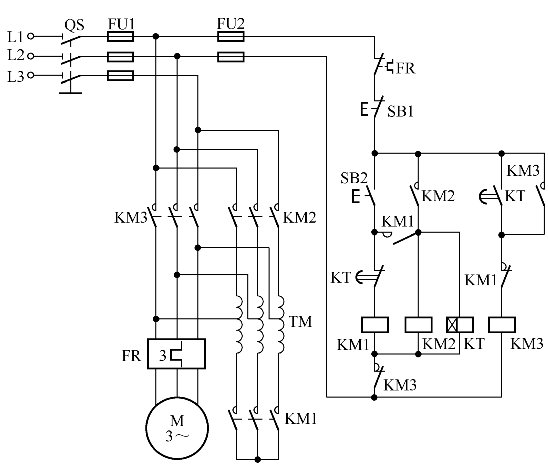


图 13-7 时间继电器控制自耦变压器减压启动电路

时间继电器控制自耦变压器减压启动电路如图 13-7 所示，合上电源开关 QS，按下按钮 SB2，接触器 KM1 线圈获电，KM1 主触点闭合，自耦变压器 TM 接成Y形。KM1 常开触点闭合，使得接触器 KM2 和时间继电器 KT 线圈获电，KM2 主触点闭合，常开触点闭合自锁，电动机串入自耦变压器减压启动。经过一定时间后，时间继电器 KT 常闭触点延时断开，接触器 KM1 线圈断电，KM1 主触点、常开触点断开，常闭触点闭合。KT 常开触点延时闭合，接触器 KM3 线圈获电，KM3 主触点闭合，自锁触点闭合，电动机 M 全压运行。同时 KM3 常闭触点断开，接触器 KM2 线圈断电，KM2 主触点断开，将自耦变压器切除。

13-8　两接触器控制自耦变压器减压启动电路

两接触器控制自耦变压器减压启动电路如图 13-8 所示。合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB2，接触器 KM1 得电吸合并自锁，其主触点闭合，将自耦变压器 TM 接在电源与电动机之间，电动机减压启动。KM1 的辅助常闭触点断开，保证 KM2 不能得电；KM1 的辅助常开触点闭合，使中间继电器 KA1 得电吸合并自锁，KA1 的常开触点闭合，使通电延时时间继电器 KT 得电吸合。

当电动机转速接近其额定转速时，KT 的延时闭合触点闭合，使中间继电器 KA2 得电吸合并自锁。KA2 的常开触点闭合，为 KM2 得电做准备。KA2 的常闭触点断开，使接触器 KM1 失电释放。KM1 的主触点断开，切断电动机的电源，KM1 的常闭触点复位闭合，使 KM2 得电吸合并自锁，电动机脱离自耦变压器，经 KM2 的主触点在全压下正常运转。

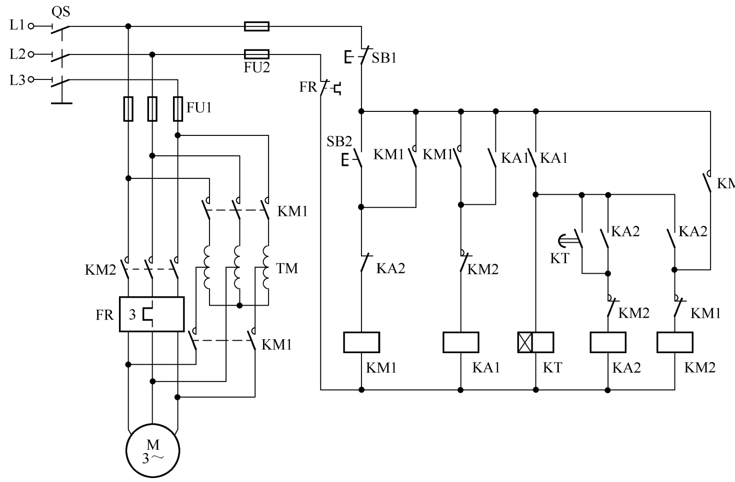


图 13-8　两接触器控制自耦变压器减压启动电路

13-9　能防止交流接触器断电不释放的自耦减压启动电路

交流接触器线圈断电后释放慢或不释放，容易使被控电动机不能立即停止运转，在某些场合下会引起严重的事故。本例中的电路能有效解决这一问题。

能防止交流接触器断电不释放的自耦减压启动电路如图 13-9 所示。它的工作原理是，在自耦减压启动器之前，再加一只交流接触器 KM0，这样，按下停止按钮 SB4 后，如果 KM3 或中间继电器 KA 发生延时释放现象，KT1 就按预定时间（如 0.5～1s）动作，使 KM0 释放，从而及时切断主电路电源，使电动机 M 停转。常态下，KT1 不吸合，不起作用。

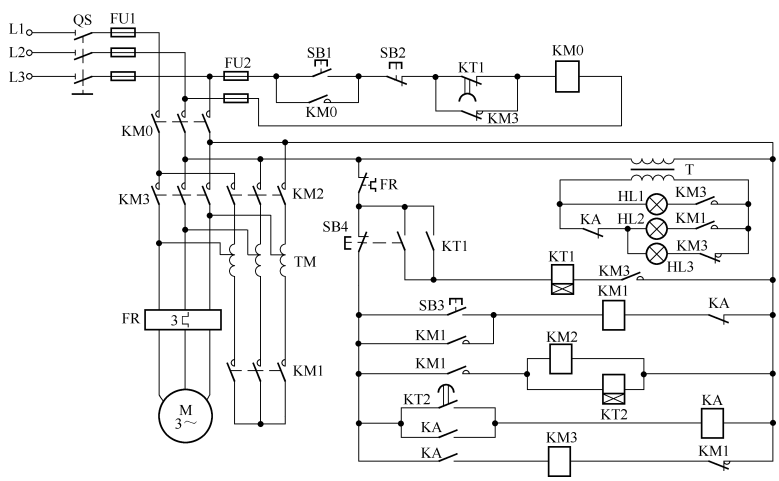


图 13-9　能防止交流接触器断电不释放的自耦减压启动电路

KM0 选用 CJ12 重任务接触器，KT1 选用 JS7－2A 时间继电器。

13-10　XJ01 型自动启动补偿器电路

工矿、企业、乡镇工厂在需要自动控制启动的场合，常采用 XJ01 型自动启动补偿器，它主要由自耦变压器、交流接触器、中间继电器、时间继电器和控制按钮等组成。

XJ01 型自动启动补偿器电路如图 13-10 所示。接通电源，灯 EL1 亮，按下启动按钮 SB1，KM1 线圈得电，KM1 主触点闭合，电动机减压启动。KM1 闭合自锁，灯 EL2 亮。KM1 常闭触点断开，灯 EL1 灭，KT 得电，其常开触点延时闭合，KA 线圈获电，KA 常闭触点断开，KM1 断电，KM1 常开触点断开。同时 KA 常开触点闭合，KM2 线圈得电，KM2 主触点闭合，电动机全压运行，KM2 常开触点闭合，灯 EL3 亮。

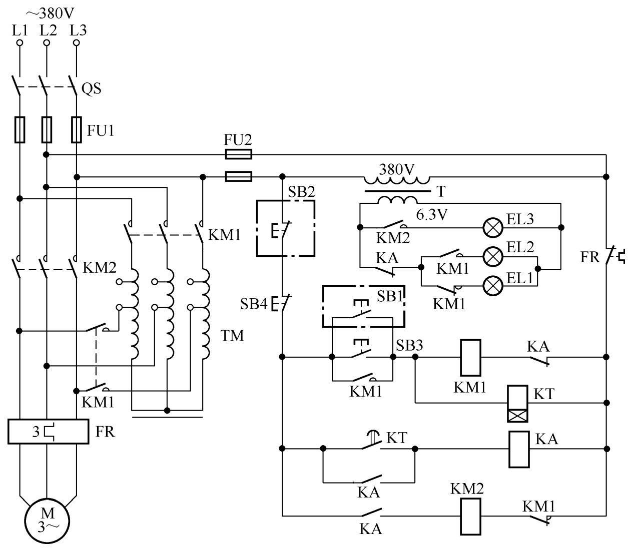


图 13-10　XJ01 型自动启动补偿器电路

13-11　75kW 电动机启动配电柜电路

功率较大的电动机也可采用与其配套的配电柜来满足启动的要求。图 13-11 所示是 75kW 电动机启动配电柜电路。这种启动器具有自动操作功能和手动操作功能两种。自动操作时，合上电源开关，绿色指示灯亮，按下按钮开关 SB1 时，KM3 和时间继电器 KT 得电吸合，同时 KM3 常开触点闭合，KM2 也吸合，松开 SB1 按钮，KM3 自锁触点继续接通 KM3、KM2、KT 线圈回路，保持继续吸合。这时，电源电压便通过自耦变压器降压后接入电动机，使电动机减压启动，经过一定的时间，KT 时间继电器动作，使 KT 延时常开触点闭合，中间继电器 KA 得电吸合并自锁。由于 KA 的吸合断开了 KM3、KM2、KT 的通电线圈，使它们释放复位，同时在 KM3、KM2 释放后，其控制常闭触点闭合，接通 KM1 接触器，KM1 接触器便投入电动机运行状态，电动机在全压下运行。同时黄灯（启动指示灯）熄灭，红灯（运行指示灯）亮，当需停止电动机运行时，可按下停止按钮 SB2，电动机即停止工作。电路中 SB3 按钮为手动直接投入运行按钮，

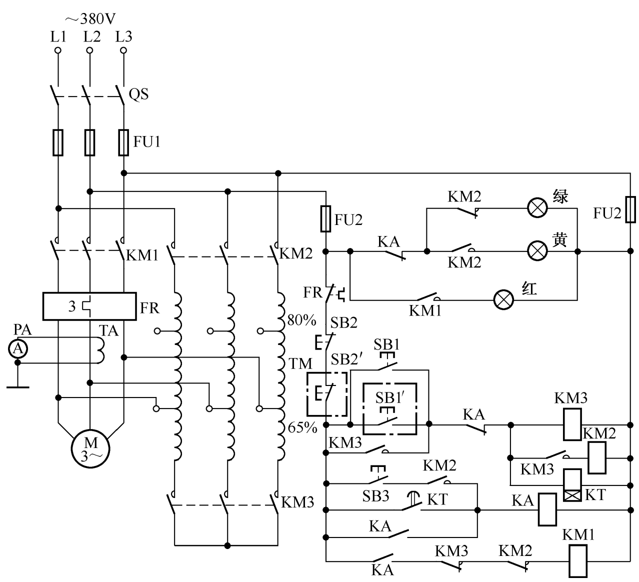


图 13-11　75kW 电动机启动配电柜电路

它的作用是当时间继电器失灵、不能自动投入运行时，可先按下自动按钮 SB1，等电动机达到额定转速接近同步转速时，即电流表的指针逐渐下降到接近电动机额定电流时，再按下 SB3 按钮，便使电动机投入运行。这种配电柜可控制 14～75kW 的三相异步电动机。电路中的熔断器、热继电器及变压器与电动机容量也要配套使用。

13-12　90 ～ 115kW 电动机 XJ011 系列自动控制自耦式减压启动柜电路

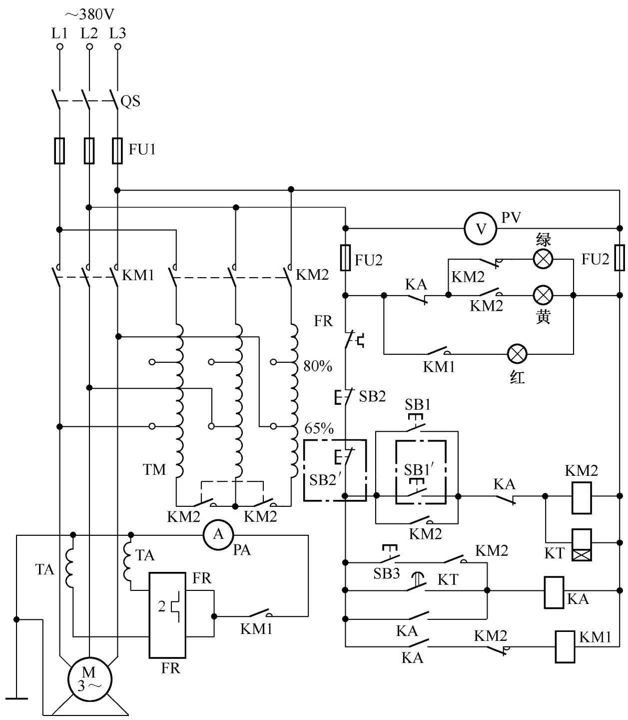


图 13-12　90～115kW 电动机 XJ011 系列自动控制自耦式减压启动柜电路

对于 90 ～ 115kW 的电动机，可使用 XJ011 系列自动控制自耦式减压启动柜，其电路如图 13-12 所示。使用时要注意以下几点。

（1）XJ011 系列自耦式减压启动柜在使用前需要用 500V 的兆欧表测量导线对地电阻，其值应不小于 1MΩ，并将各个触点加以紧固。

（2）安装时，电源线、负荷电动机线应从箱底部穿入，L1、L2、L3 标定线接电源或空气断路器上桩头，MA、MB、MC 接三相电动机。

（3）自耦变压器备有额定电压 65% 及 80% 的二挡抽头，在应用中可根据负荷的大小来决定使用抽头的位置。

（4）时间继电器可在 0～60s 范围内调节，可根据需要调节启动电动机时间。热继电器的额定电流应根据电动机的额定电流值整定。

（5）一般启动柜的启动时间为 10～20s。如果电动机容量较大，负载较重，最长启动时间可调整到 25s。

（6）启动柜如需远距离操作，可按电路图中的 SB1′、SB2′，引出连接。

（7）在使用配电柜过程中，如果热继电器发生误动作，可将热继电器的动作电流适当调大一点；如果发生过载动作，则需按下热继电器复位按钮，方能继续使用。

（8）配电柜在使用期间要经常清除尘埃，并定期检查各电器接触部位是否接触良好，有问题要及时检修。

（9）接触器在工作时，如果有噪声或延时释放现象，将衔铁极面积尘或油垢擦净后，即能恢复正常。

（10）检修配电柜时，要检查接触器触点有无烧毛现象。如果触点烧毛，应用细纹锉将触点修光。

13-13　自制组装大型自动补偿减压启动控制柜电路

大型配电柜启动装置也可由电工自己进行制作。一般可用角钢和铁皮先焊制一个一定尺寸的柜子，然后根据电动机的功率大小选用额定容量足够的接触器、空气断路器、自耦变压器、互感器及热继电器等。安装时电源由上向下延伸，即上桩头接电源，下桩头接负载。电源相间留有足够大的空间，自耦变压器金属外壳、配电柜底壳及电动机金属外壳要分别用接地线连接在一起并接地，以确保电器运行安全。按照图 13-13 所示电路进行组装。它的工作原理是：在启动时，由 5 排主触点的接触器先动作，接通自耦变压器，然后电源通过自耦变压器降压后，供给电动机 M 启动，待转速接近电动机本身的额定转速时，时间继电器动作，使启动接触器释放，在释放后通过中间继电器把运行接触器 KM2 线圈回路接通，从而使 380V 电压直接通过运行接触器的吸合接到电动机 M 上，启动结束。

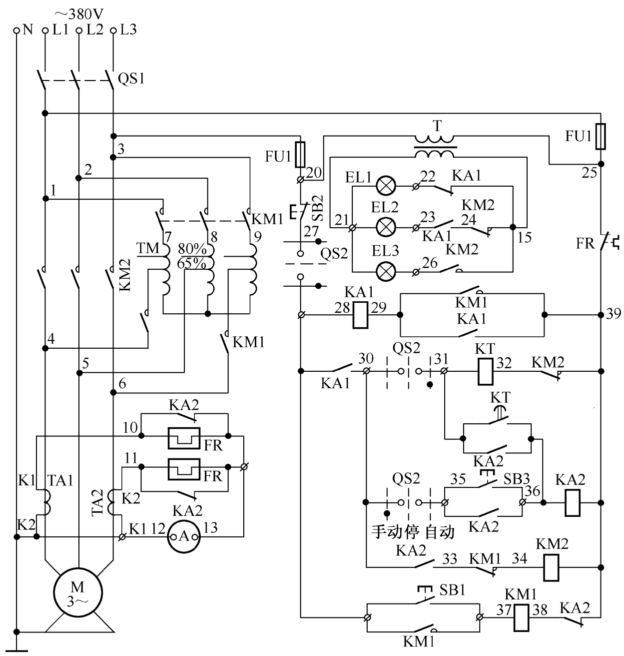


图 13-13　自制组装大型自动补偿减压启动控制柜电路

13-14　电动机定子串电阻减压启动手动切除电阻控制电路

在电动机启动时，将电阻串联在定子电路中。由于定子电流在电阻上产生电压降，所以加在电动机定子绕组上的电压低于电源电压，减小了电动机启动电流。待启动结束后，再将电阻短路，使电动机在额定电压下运行。这种启动方式不受接线方式的限制，常用于中小型设备和限制机床点动调整时的启动控制。

电动机定子串电阻减压启动手动切除电阻控制电路如图 13-14 所示。合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB2，接触器 KM1 得电吸合并自锁，其主触点闭合，主电路电源通过降压电阻 R、热继电器 FR 的热元件加到电动机 M 上，电动机减压启动。经适当延时后，电动机转速接近额定转速时，按下 SB3，接触器 KM2 得电吸合并自锁。KM2 的主触点闭合，将串联电阻 R 短路，电动机进入全压正常运转状态。同时 KM2 的常闭辅助触点断开，使 KM1 失电释放。

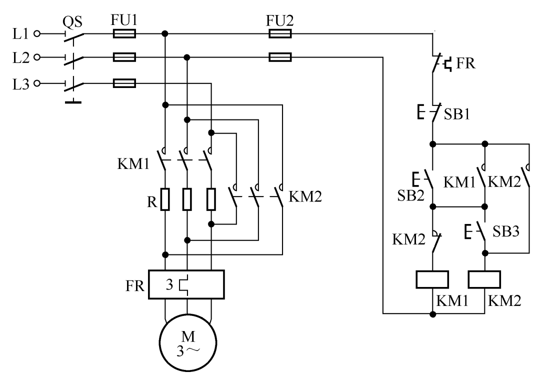


图 13-14　电动机定子串电阻减压启动手动切除电阻控制电路

需要停止时，按下停止按钮 SB1，接触器 KM2 失电释放，电动机停止转动。

13-15　电动机定子串电阻减压启动自动切除电阻控制电路

电动机定子串电阻减压启动自动切除电阻控制电路如图 13-15 所示。合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB2，时间继电器 KT 和接触器 KM1 同时得电吸合，KM1 主触点闭合，电动机接入减压电阻 R 减压启动。经适当延时后，时间继电器延时闭合的常开触点闭合，接触器 KM2 得电吸合并自锁。KM2 主触点闭合，将串联电阻 R 短路，电动机进入全压正常运转状态。同时 KM2 的辅助常闭触点断开，使 KM1 和时间继电器 KT 失电释放。

需要停止时，按下停止按钮 SB1，接触器 KM2 失电释放，电动机停止运转。

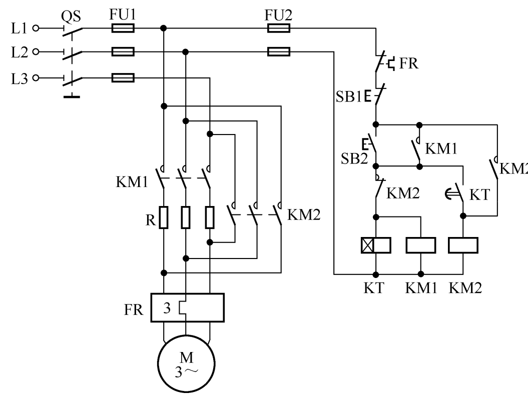


图 13-15　电动机定子串电阻减压启动自动切除电阻控制电路

13-16　电流继电器控制绕线转子异步电动机转子串电阻启动电路

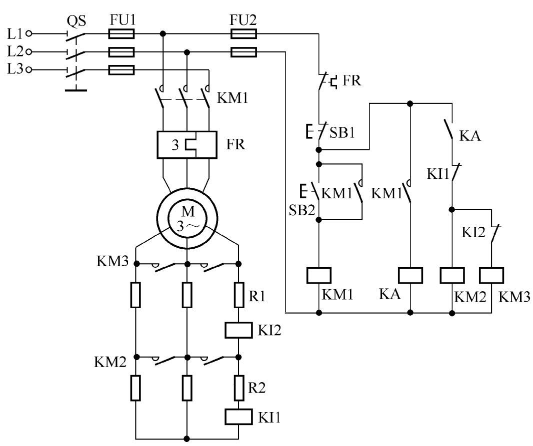


图 13-16　电流继电器控制绕线转子异步电动机转子串电阻启动电路

图 13-16 所示是电流继电器控制绕线转子异步电动机转子串电阻启动电路。它根据电动机转子电流的大小变化，利用电流继电器控制串联电阻的切除，把启动电流控制在一定范围内，增大启动转矩。

图中，KI1 和 KI2 是电流继电器，其线圈串联在转子电路中。这两个电流继电器的吸合电流大小相同，但释放电流不一样，KI1 的释放电流大，KI2 的释放电流小。刚启动时，转子绕组中启动电流很大，电流继电器 KI1 和 KI2 都吸合，它们接在控制电路中的常闭触点都断开，转子绕组的外接电阻全部接入；待电动机的转速升高后，转子电流减小，电流继电器 KI1 先释放，KI1 常闭触点恢复闭合，使接触器 KM2 线圈获电吸合，转子电路中 KM2 的常开触点闭合，切除电阻器 R2；当电阻器 R2 被切除后，转子电流重新增大，但当转速继续上升时，转子电流又会减小，使电流继电器 KI2 释放，它的常闭触点又恢复闭合，接触器 KM3 线圈获电吸合，转子电路中 KM3 的常开触点闭合，把第二级电阻器 R1 短路切除，电动机启动完毕并正常运转。

中间继电器 KA 的作用是保证启动时全部电阻器都接入，只有在中间继电器 KA 线圈获电、KA 的常开触点闭合后，接触器 KM2 和 KM3 线圈方能获电，然后才能逐级切除电阻器，这样就保证了电动机在串入全部电阻器下启动。

13-17　时间继电器控制绕线转子电动机串电阻减压启动电路

时间继电器控制绕线转子电动机串电阻减压启动电路如图 13-17 所示。这个控制电路用三个时间继电器依次将转子电路中的三级电阻自动切除。

启动时合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB2，接触器 KM1 得电吸合并自锁，其主触点闭合，电动机 M 在转子回路接入全部三级电阻情况下启动。KM1 得电后，时间继电器 KT1 得电吸合，经延时，其延时闭合触点闭合，使接触器 KM2 得电吸合，KM2 主触点闭合，切除第一级启动电阻 R1，电动机加速。KM2 的辅助常开触点闭合，时间继电器 KT2 得电吸合，经延时，其延时闭合的触点闭合，使接触器 KM3 得电吸合，KM3 主触点闭合，切除第二级启动电阻 R2，电动机再加速。KM3 的辅助常开触点闭合，时间继电器 KT3 得电吸合，经延时，其延时闭合的触点闭合，使接触器 KM4 得电吸合并自锁，KM4 主触点闭合，切除第三级启动电阻 R3，电动机全速运行。KM4 的辅助常闭触点断开，使 KT1、KM2、KT2、KM3、KT3 相继失电释放，电动机启动结束。

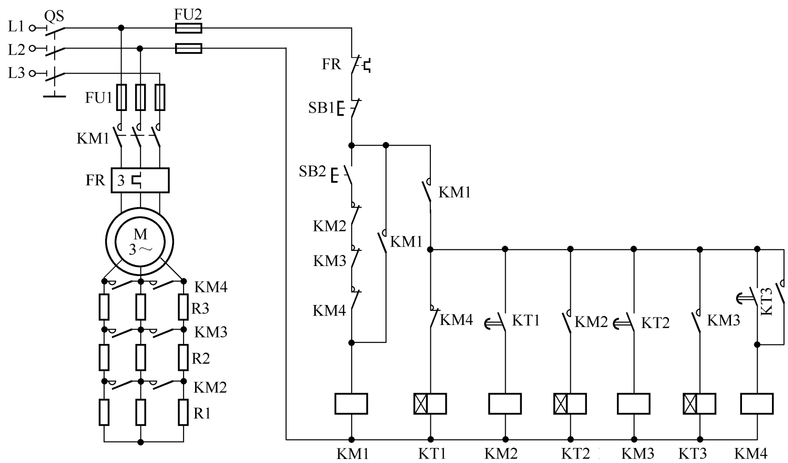


图 13-17　时间继电器控制绕线转子电动机串电阻减压启动电路

13-18　绕线转子电动机单向运行转子串频敏变阻器启动电路

频敏变阻器是一种由铸铁片或钢板叠成铁芯，外面再套上绕组的三相电抗器，接在转子绕组的电路中，其绕组电抗和铁芯损耗决定的等效阻抗随着转子电流的频率而变化。在电动机的启动过程中，当电动机转速增大时，阻抗值自动平滑减小，这既限制了启动电流，又可得到大致恒定的启动转矩，因此它是一种较为理想的启动设备。频敏变阻器是静止元件，很少需要维修，因而常用于绕线转子感应电动机启动控制，特别是大容量的绕线转子感应电动机的启动控制。

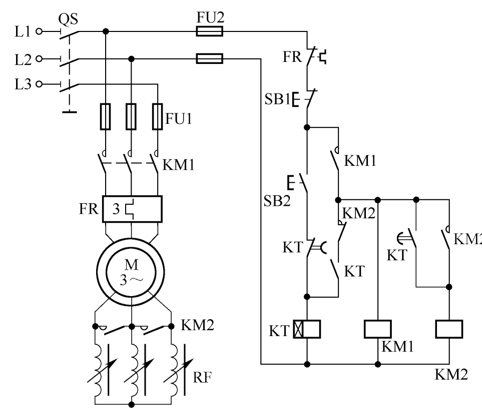


图 13-18　绕线转子电动机单向运行转子串频敏变阻器启动电路

绕线转子电动机单向运行转子串频敏变阻器启动电路如图 13-18 所示。合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB2，通电延时时间继电器 KT 得电吸合，其瞬动触点闭合，使接触器 KM1 得电吸合。KM1 的主触点闭合，电动机定子绕组接电源，转子串频敏变阻器启动。当转速上升到接近额定转速时，时间继电器延时时间到，其延时断开的触点断开，延时闭合的触点闭合，使接触器 KM2 得电吸合，将频敏变阻器短路，电动机进入正常运行状态。KM2 的辅助常闭触点断开，使 KT 失电释放。

在操作时，按下 SB2 的时间应稍长一些，待 KM1 辅助自锁触点闭合后再松开。

该电路 KM1 得电需在 KT、KM2 触点工作正常条件下进行，若发生 KM2 触点粘连、KT 触点粘连、KT 线圈断线等故障，KM1 将无法得电，从而避免了电动机直接启动和转子长期串频敏变阻器的不正常现象发生。

13-19　绕线转子电动机双向运行转子串频敏变阻器启动电路

图 13-19 所示为绕线转子电动机双向运行转子串频敏变阻器启动电路，主电路中接触器 KM1 和 KM2 的常开触点分别控制电动机 M 正转和反转，启动用的频敏变阻器在电动机运行时由接触器 KM3 的常开触点将其短路。

转换开关 SA 可自动（A）或手动（M）短路频敏变阻器，KT 的延时时间决定启动时间的长短。手动控制由按钮 SB4 完成。信号指示电路中 EL1 为电源指示灯，EL2 为正转指示灯，EL3 为反转指示灯，EL4 为正常运转（短路频敏变阻器）指示灯，EL1、EL2、EL3 在电动机启动结束转入正常运转时都熄灭。

（1）正转自动控制。合上电源开关 QS，电源指示灯 EL1 亮。按下 SB2，其常开触点闭合，使接触器 KM1 得电吸合并自锁，KM1 主触点闭合，电动机串频敏变阻器减压启动。SB2 的常闭触点断开，使 KM2 不能得电，实现互锁。KM1 的辅助常开触点闭合，使 KA 和 KT 得电，KA 在主电路中的常开触点闭合，将主电路中的热继电

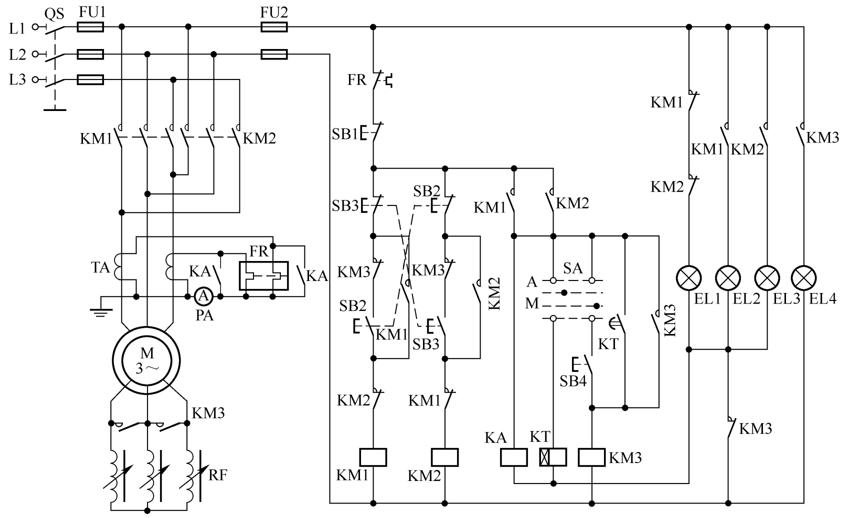


图 13-19　绕线转子电动机双向运行转子串频敏变阻器启动电路

器 FR 的热元件短路。

KM1 辅助常闭触点断开，使 EL1 灭，KM1 辅助常开触点闭合，使正转指示灯 EL2 亮。当 KT 延时时间到时，其延时闭合触点闭合，使接触器 KM3 得电吸合并自锁，KM3 主触点闭合，将频敏变阻器短路，电动机进入全压正常运行状态。KM3 的辅助常闭触点断开，使 KA、KT 失电释放，EL2 灭，KM3 的辅助常开触点闭合，使正常运转指示灯 EL4 亮。

按下 SB1，KM1、KM3 失电释放，电动机停转。

（2）正转手动控制。KT 不参与转换过程，由手动按钮 SB4 代替时间继电器 KT 的延时闭合常开触点，其他与正转自动控制相同。

（3）反转自动、手动控制。与正转原理相同，此处不再多述。

13-20　TG1－K21 型频敏变阻器启动控制柜电路

TG1－K21 型频敏变阻器启动控制柜可用来控制 45～280kW 绕线转子感应电动机的启动，广泛应用于冶金、矿山、轧钢、造纸、食品、纺织与发电等厂矿企业。

TG1－K21 型频敏变阻器启动控制柜电路如图 13-20 所示。合上电源开关 QS，红灯 H（RD）亮，表明供电电路正常。按下启动按钮 SB2，使通电延时时间继电器 KT1、接触器 KM1 同时得电吸合并自锁，电动机定子接

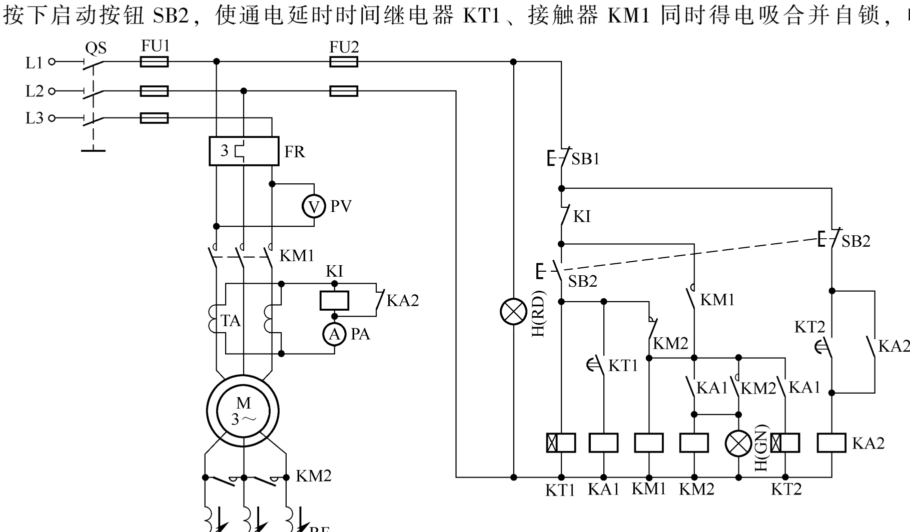


图 13-20　TG1－K21 型频敏变阻器启动控制柜电路

通三相电源，转子接入频敏变阻器 RF 启动。随着电动机转速的上升，转子电流频率减小，频敏变阻器阻抗随之下降。当电动机转速接近额定转速时，时间继电器 KT1 动作，其延时闭合的触点闭合，使 KA1 得电吸合，KA1 的常开触点闭合，使接触器 KM2 得电吸合并自锁，同时 H（GN）绿色指示灯亮，KM2 主触点将频敏变阻器短路，电动机启动过程结束。KA1 的另一常开触点闭合，使时间继电器 KT2 得电吸合，经延时，KT2 延时闭合的常开触点闭合，使中间继电器 KA2 得电吸合并自锁，其常闭触点断开，使过电流继电器 KI 串入互感器电路，对电动机进行过电流保护。

13-21　凸轮控制器控制绕线转子异步电动机启动电路

绕线转子异步电动机的启动、调速及正反转常采用凸轮控制器来控制，桥式起重机上大部分采用这种控制电路。

凸轮控制器控制绕线转子异步电动机启动电路如图 13-21 所示，合上 QS，将凸轮控制器的手柄扳到“0”位，这时最下面三副常闭触点 Q5、Q6、Q7 闭合，为控制器的接通做好准备。按下启动按钮 SB2，接触器 KM 得电吸合并自锁，其主触点闭合，接通主电路电源。然后将凸轮控制器的手柄扳到正转“1”的位置，这时常闭触点 Q6 和 Q7 断开，而常闭触点 Q5 和常开触点 Q1、Q3 闭合，电动机转子绕组串联全部电阻 R 正转启动。当手柄扳到正转“2”位置时，触点 Q5、Q1、Q3 及 SA5 闭合，使电阻 R 上一段电阻短路，电动机转速加快。同理，当手柄扳到正转“3”和“4”位置时，触点 SA4 和 SA3 先后闭合，使电阻 R 上又有两段电阻被短路，电动机继续加速。当手柄扳到正转“5”位置时，常开触点 SA1～SA5 全部闭合，电阻 R 全部被短路，电动机以最高转速运转。

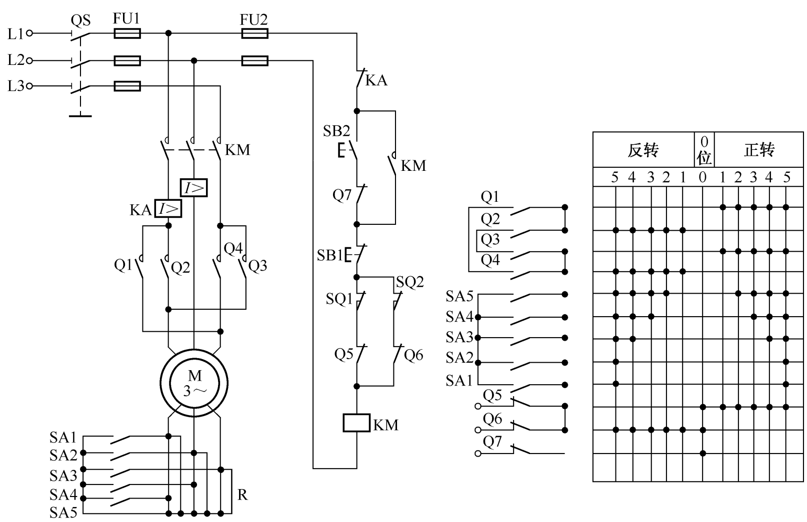


图 13-21　凸轮控制器控制绕线转子异步电动机启动电路

当手柄扳到反转“1”位置时，常闭触点 Q6 及常开触点 Q2、Q4 闭合，三相电源相序改变，电动机反转。当手柄扳到反转“2”～“5”位置时，常开触点 SA1～SA5 先后闭合，电阻 R 相继被切除，电动机从低速启动到高速运行。

图中 SQ1 是反转限位行程开关，SQ2 是正转限位行程开关，KA 为双线圈过电流继电器，用于电动机的过载和短路保护。

13-22　手动控制的延边△减压启动电路

采用Y-△减压启动时，可以在不增加专用启动设备的条件下实现减压启动，但是其启动转矩较小，仅适用于空载或轻载状态下的启动。而延边△减压启动是一种既不用增加专用启动设备，又能得到较大启动转矩的减压启动方法。但它只适用于定子绕组有九个出线头的电动机。

手动控制的延边△减压启动电路如图 13-22 所示。按下启动按钮 SB2，接触器 KM1 得电吸合并自锁，其主触点和常开辅助触点闭合，接触器 KM2 得电吸合，电动机接成延边△减压启动。待电动机转速升高后，按下复合按钮 SB3，SB3 先断开 KM2 线圈回路，KM2 失电释放。随后 SB3 接通 KM3 线圈回路，KM3 得电吸合并自锁，

电动机接成△形全压运行。

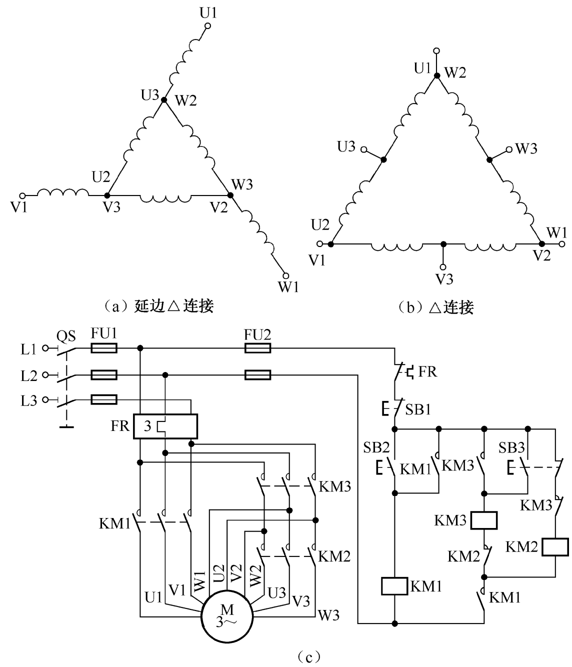


图 13-22　手动控制的延边△减压启动电路

13-23　时间继电器控制的延边△减压启动电路

时间继电器控制的延边△减压启动电路如图 13-23 所示。按下启动按钮 SB2，接触器 KM2 得电吸合，随后接触器 KM1 和时间继电器 KT 同时得电吸合，电动机接成延边△减压启动。延时一段时间后，时间继电器 KT 延时断开的触点断开，接触器 KM2 失电释放，KT 延时闭合的触点闭合，接触器 KM3 得电吸合并自锁，电动机接成△全压运行。

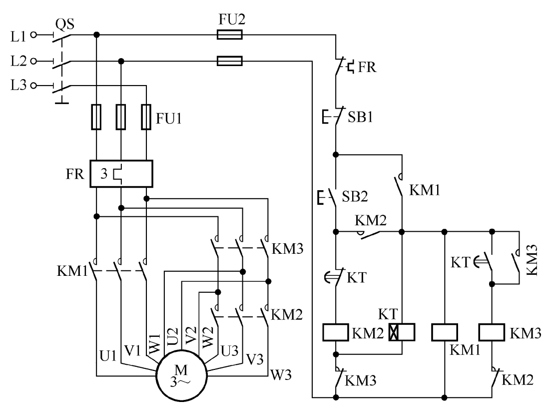


图 13-23　时间继电器控制的延边△减压启动电路

13-24　STC 无触点减压启动电路

STC 无触点减压启动电路由主电路和控制电路两部分组成。主电路包括电源开关 QF、交流接触器 KM 的主触点、STC 控制器、热继电器 FR 热元件及三相交流电动机 M 等。控制电路包括控制按钮 SB1、SB2 及热继电器 FR 的触点、交流接触器 KM 的线圈和辅助触点等。STC 控制无触点减压启动电路如图 13-24 所示。

无触点减压启动电路也称软启动电路，它是晶闸管调压装置。图 13-24 中的 L1、L2、L3 为电源输入端，T1、T2、T3 为 STC 控制器的输出端，它们分别与热继电器的输入端相连，热继电器的输入端再分别与电动机的 U、V、W 端相连。STC 控制器无控制端子，它按设定载矩为晶闸管设定初始导通角。电路按初始启动电压和启

动时间，由初始值到全电压启动。电动机的可调启动时间范围是 0.1～4.5s，调整好之后一般不再变动。

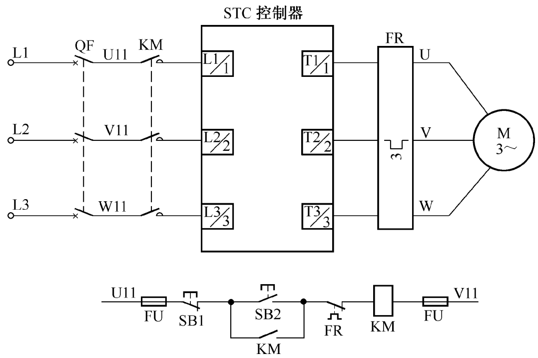


图 13-24　STC 无触点减压启动电路

启动时，按下按钮 SB2，交流电流经过的路径为 U11→FU→SB1→SB2→FR 触点→KM 线圈→FU→V11，KM 线圈得电动作并自锁，其主触点闭合，STC 得电，通过 STC 调压，电动机平滑启动。

停机时，按下按钮 SB1，交流接触器 KM 的线圈失电，其主触点断开 STC 的工作电源，电动机失电停止工作。

13-25　SMC 无触点减压启动电路

SMC 无触点减压启动电路由主电路和控制电路等组成。主电路包括电源控制开关 QF、SMC-1 调压器、热继电器 FR 和三相交流电动机 M1 等。控制电路包括控制变压器 TC，控制按钮 SB1、SB2，冷却电动机 M2，控制器 SMC-2 及热继电器 FR 的触点等。SMC 无触点减压启动电路如图 13-25 所示。

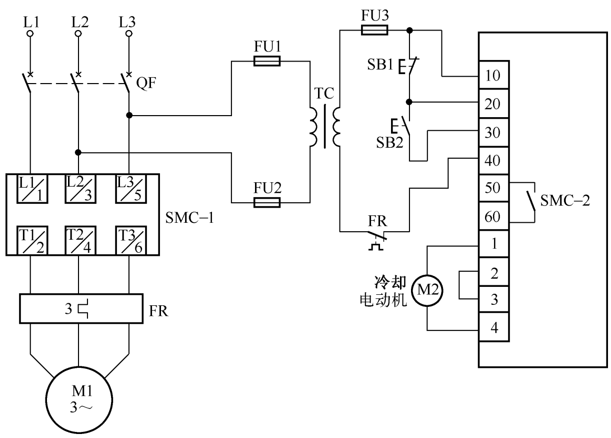


图 13-25　SMC 无触点减压启动电路

SMC 控制器采用晶闸管调压，并在设备中自带启停控制器，其电压调节范围是 200～600V，频率为 50Hz，电流为 1～97A。5～97A 的 SMC 控制器可以带软停止接口，它还可以选用一个保护模块，内含压敏电阻，可防止晶闸管受浪涌电压的冲击。这些部件都按接插件与 SMC 控制器组装在一起。SMC 控制器有以下三种启动方式可供选择：软启动、限流启动及全压启动。

SMC 控制器在启动过程中，没有导通部分会产生无用的热量，其下部所带散热片要求垂直安装。68A 及 97A 的控制器应安装冷却电动机，风量不小于 $1.64\times10^{-3}\,m^3/min$。冷却电动机可接在端子板的①、④端子上，并将②、③端子短路。SMC 安装的控制箱的上部应开通百叶窗，其净面积不得小于 $140cm^2$。

合上电源开关 QF，控制变压器得电，其二次侧向 SMC-2 供电，电路进入热备用状态。启动时，按下按钮 SB2，触点（50-60）闭合，冷却电动机启动运行。同时，SMC-1 受控，向电动机提供电源，电动机得电平稳启动，并逐步进入额定工况。停机时，按下按钮 SB1，SMC-2 发出停机指令，SMC-1 受控，电子调压器截止，电动机失电停止工作。

第 14 章

电动机制动控制电路

14-1　电磁抱闸制动控制电路

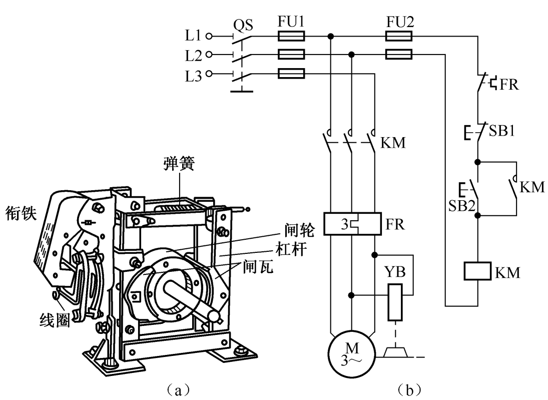


图 14-1　电磁抱闸制动控制电路

在实际工作中，常常需要一些特殊场合应用的电动机在断电后立即停止转动。机械制动是利用机械装置使电动机在切断电源后迅速停转。目前，应用比较普遍的机械制动设备是电磁抱闸。电磁抱闸装置主要由两部分组成，即制动电磁铁和闸瓦制动器。

电磁抱闸制动控制电路如图 14-1（b）所示，按下按钮 SB2，接触器 KM 线圈获电动作，电动机通电。电磁抱闸的线圈 YB 也通电，铁芯吸引衔铁而闭合，同时衔铁克服弹簧拉力，迫使制动杠杆向上移动，从而使制动器的闸瓦与闸轮松开，电动机正常运转。按下停止按钮 SB1 之后，接触器 KM 线圈断电释放，电动机的电源被切断，电磁抱闸的线圈也同时断电，衔铁释放，在弹簧拉力的作用下使闸瓦紧紧抱住闸轮，电动机就迅速被制动停转。

这种制动在起重机械上及要求制动较严格的设备上被广泛采用。当重物吊到一定高处，电路突然发生故障断电时，电动机断电，电磁抱闸线圈也断电，闸瓦立即抱住闸轮，使电动机迅速制动停转，从而防止重物掉下。另外，也可利用这一点将重物停留在空中某个位置上。

14-2　改进的电磁抱闸制动电路

改进的电磁抱闸制动电路如图 14-2 所示，本例电路能避免电动机启动前瞬间存在的异步电动机的短路运行工作状态，即当按启动按钮 SB2 后，接触器 KM1 线圈获电动作，电磁制动器线圈 YB 获电，闸瓦先松开闸轮，然后接触器 KM2 线圈获电动作，电动机 M 才获电启动运转。

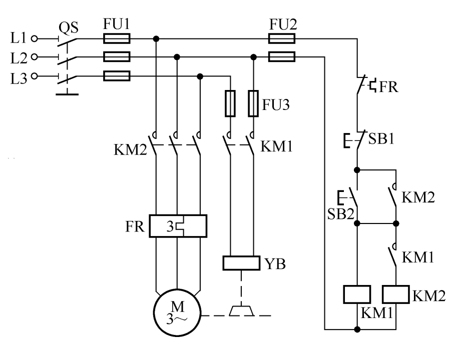


图 14-2　改进的电磁抱闸制动电路

14-3　单向运转反接制动控制电路

反接制动的优点是设备简单，调整方便，制动迅速，价格低；缺点是制动冲击大，制动能量损耗大，不宜频繁制动，且制动准确度不高，因此仅适用于制动要求迅速、系统惯性较大、制动不频繁的场合。

图 14-3 所示是单向运转反接制动控制电路。启动时，合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB2，接触器 KM1 线圈获电，KM1 主触点闭合，电动机 M 启动运转。当电动机转速升高到一定数值时，速度继电器 KS 的常开触点闭合，为反接制动做准备。

停止运行时，按停止按钮 SB1，接触器 KM1 线圈断电释放，而接触器 KM2 线圈获电，KM2 主触点闭合，串入电阻器 RB 进行反接制动，电动机产生一个反向电磁转矩，即制动转矩，迫使电动机转速迅速下降；当转速降至 100r/min 以下时，速度继电器 KS 的常开触点断开，接触器 KM2 线圈断电释放，电动机断电，防止了反向启动。

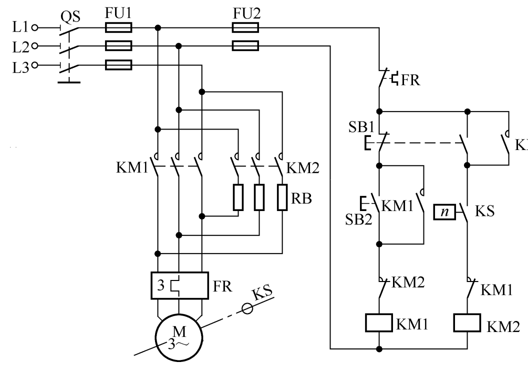


图 14-3　单向运转反接制动控制电路

由于反接制动时转子与定子旋转磁场的相对速度接近于两倍的同步转速，所以定子绕组中流过的反接制动电流相当于全压直接启动时电流的两倍。为此，一般功率在 4.5kW 以上的电动机采用反接制动时，应在主电路中串联一限流电阻器，以限制反接制动电流。这个电阻器称为反接制动电阻器，用 RB 表示。

14-4　双向运转反接制动控制电路

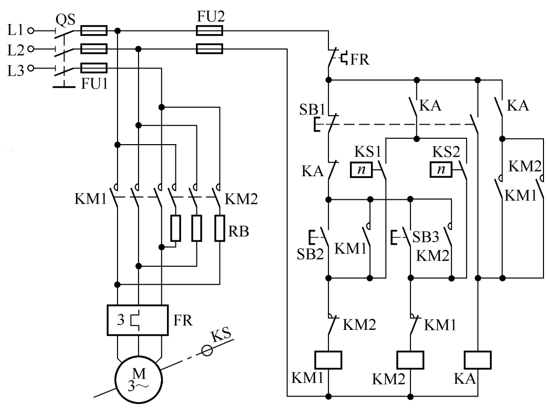


图 14-4　双向运转反接制动控制电路

图 14-4 所示是速度继电器控制的双向运转反接制动控制电路。合上电源开关 QS，正转启动时，按下启动按钮 SB2，接触器 KM1 得电吸合并自锁，其主触点闭合，电动机 M 正转启动。当电动机转速高于 120r/min 时，速度继电器的常开触点 KS2 闭合，为反接制动做准备。同时 KM1 的常开触点闭合，为中间继电器 KA 得电做准备。

正向运行停止并进行反接制动时，可按下复合停止按钮 SB1，其常闭触点首先断开，使接触器 KM1 失电释放，电动机 M 失电并惯性运转；同时其常开触点闭合，使中间继电器 KA 得电吸合并自锁，KA 的常开触点闭合，使接触器 KM2 通过触点 KS2 得电吸合，KM2 主触点闭合，电动机 M 串入电阻器 RB 进行反接制动。当电动机转速低于 100r/min 时，速度继电器的常开触点 KS2 断开，接触器 KM2 失电释放，其主触点断开，正向运行停止，制动结束。这时，KM2 的辅助触点复位断开，使 KA 失电释放。与 SB1 串联的 KA 的常闭触点的作用是在反接制动时断开反向启动的自锁回路，防止反接制动后电动机反向启动。

反向运行及反接制动控制的工作原理与正向运行的启动、反接制动的工作原理相同。

14-5　单向运转半波整流能耗制动电路

能耗制动是指在电动机切断三相电源后，在定子绕组中加入一个直流电源，使定子绕组产生一个静止磁场，此时转子由于惯性继续旋转，转动的转子在静止磁场中切割磁力线，产生一个与惯性转动方向相反的电磁转矩，使电动机迅速制动停转。

单向运转半波整流能耗制动电路如图 14-5 所示，该电路适用于功率在 10kW 以下且对制动要求不高的场合。

启动时合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB2，接触器 KM1 得电吸合并自锁，其主触点闭合，电动机启动运转。

停止制动时，按下停止按钮 SB1，接触器 KM1 失电

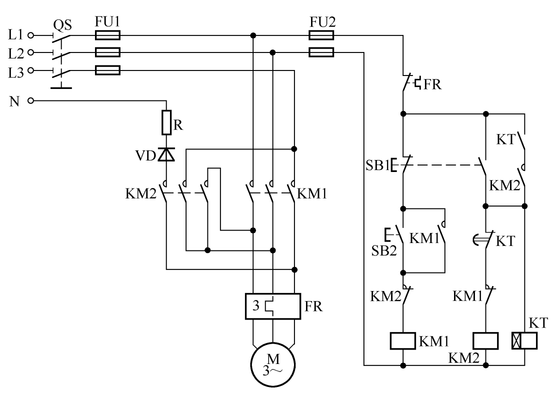


图 14-5　单向运转半波整流能耗制动电路

释放，其主触点断开，电动机 M 断电做惯性运转，同时接触器 KM2 和时间继电器 KT 得电吸合，KM2 主触点闭合，电动机进行半波整流能耗制动。能耗制动结束后，KT 常闭触点延时断开，使接触器 KM2 失电释放，其主触点断开半波整流脉动直流电源。

图 14-5 中，时间继电器 KT 瞬时闭合的常开触点的作用是，当出现 KT 线圈断线或机械卡阻故障时，电动机在按下停止按钮 SB1 后能迅速制动，同时避免三相定子绕组长期通入半波整流的脉动直流电源。

14-6 单向运转全波整流能耗制动电路

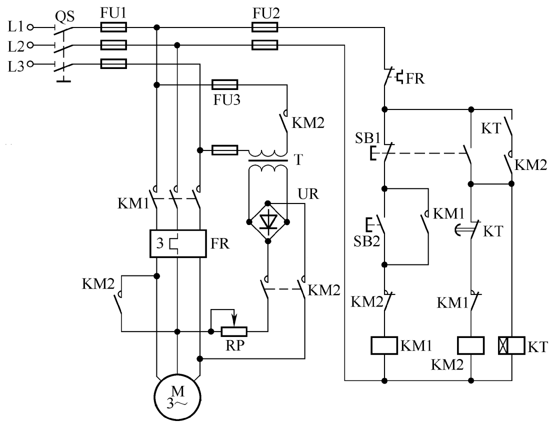


图 14-6 单向运转全波整流能耗制动电路

单向运转全波整流能耗制动电路如图 14-6 所示。当按下启动按钮 SB2 时，接触器 KM1 获电吸合并自锁，其主触点闭合，电动机启动运行。

停止运行时，按下停止按钮 SB1，接触器 KM1 失电释放，其主触点断开，电动机断电做惯性运转，同时 KM1 常闭触点闭合，接触器 KM2 获电吸合，KM2 主触点和常开触点闭合，电动机绕组通入全波整流直流电进行制动。KM2 线圈获电的同时，时间继电器 KT 也获电动作，其常开触点闭合，使 KM2 和 KT 线圈吸合并自锁，时间继电器 KT 延时断开触点延时动作。经过一定时间后，时间继电器延时分断触点断开，使接触器 KM2 失电释放，切断直流电源，制动结束。

14-7 双向运转全波整流能耗制动电路

图 14-7 所示是由速度继电器控制的双向运转全波整流能耗制动电路，合上电源开关 QS，根据需要，按下正转或反转启动按钮 SB2 或 SB3，相应的接触器 KM1 或 KM2 得电吸合并自锁，电动机正常运行。此时，速度继电器 KS 相应的触点 KS1 或 KS2 闭合，为停止运行时接通 KM3 实现能耗制动做准备。

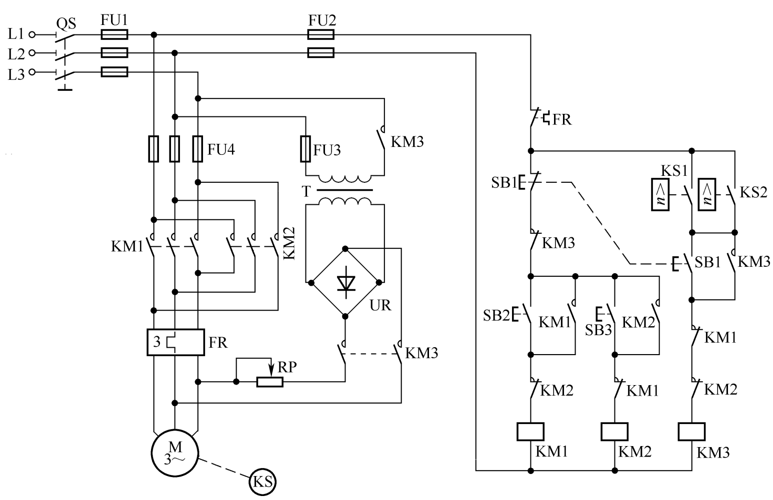


图 14-7 双向运转全波整流能耗制动电路

停止运行时，按下复合停止按钮 SB1，其常闭触点断开，使接触器 KM1 或 KM2 失电释放，电动机定子绕组脱离三相交流电源，同时其常开触点闭合，使接触器 KM3 得电吸合并自锁，电动机定子绕组接入直流电源进行能耗制动。电动机转速迅速下降，当转速小于 100r/min 时，速度继电器的触点 KS1 或 KS2 断开，此时接触器 KM3 失电释放，能耗制动结束。

14-8　电容－电磁制动电路

电容－电磁制动是指先进行电容制动，然后将定子绕组短路进行电磁制动。电容－电磁制动电路如图 14-8 所示，启动时，合上总电源开关 QS，按下启动按钮 SB2，接触器 KM1 得电吸合并自锁，电动机 M 启动并运转。

当按下停止按钮 SB1 后，KM1 失电释放，其辅助触点断开，将电容器接入电动机的定子绕组进行电容制动。同时 KM1 的常开触点断开，使断电延时时间继电器 KT 吸合，KT 延时断开的常开触点闭合，使接触器 KM2 得电吸合，其主触点闭合，将三相绕组短路进行电磁制动，使电动机迅速停止转动。制动完毕，时间继电器 KT 失电释放，使 KM2 失电释放，制动结束。

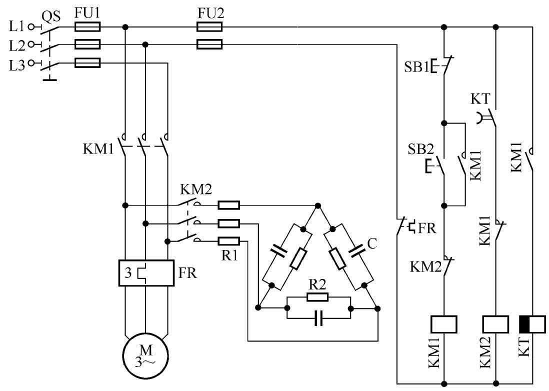


图 14-8　电容－电磁制动电路

14-9　直流电动机反接制动电路

图 14-9 所示为直流电动机反接制动电路。制动时，按下停止按钮 SB2，断开常闭触点，使 KM1 失电释放，而后接通制动接触器 KM2 电路。KM2 获电动作，将电枢电源反接，电动机电磁转矩成为制动转矩，使电动机转速迅速下降到接近零时放开停止按钮 SB2，制动过程结束。

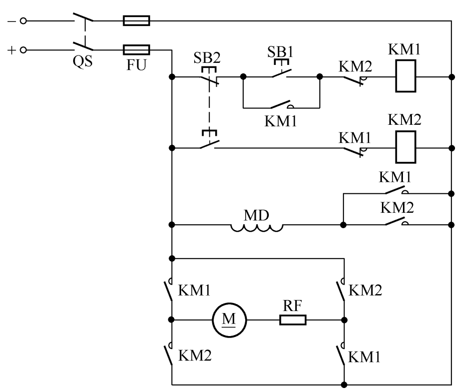


图 14-9　直流电动机反接制动电路

14-10　直流电动机能耗制动电路

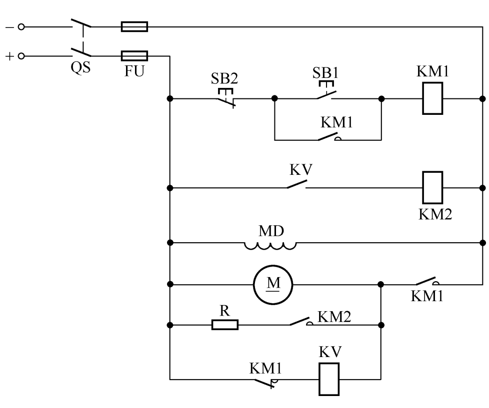


图 14-10　直流电动机能耗制动电路

图 14-10 所示是直流电动机能耗制动电路。制动时，按下停止按钮 SB2，接触器 KM1 失电释放，其常闭触点接通，电压继电器 KV 获电动作，其常开触点闭合，使制动接触器 KM2 获电动作，将制动电阻 R 并联在电枢两端，这时因励磁电流方向未变，电动机产生的转矩为制动转矩，使电动机迅速停转。当电枢反电势低于电压继电器 KV 释放电压时，KV 释放，使 KM2 失电释放，制动过程结束。

第 15 章

电动机保护电路

15-1 电动机用双闸式保护电路

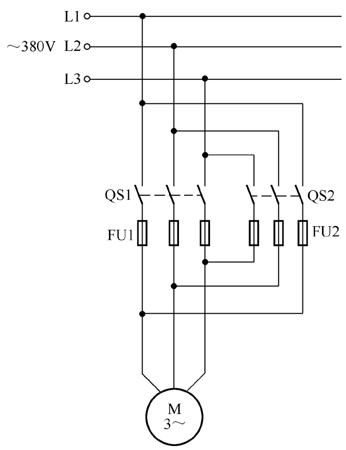


图 15-1 电动机用双闸式保护电路

电动机用双闸式保护电路用两只刀开关控制电动机，如图 15-1 所示。启动时先合上启动刀开关，它的熔丝额定电流较大（按电动机额定电流 1.5～2.5 倍选择），因此在启动时熔丝不会熔断。当电动机正常运行后，再合上运行刀开关，拉开启动刀开关。运行刀开关上的熔丝的额定电流要选得小些，等于电动机的额定电流，所以在电动机正常运行的情况下，熔丝不会熔断。但在单相运行时，电流增加到电动机额定电流的 1.73 倍左右，这样大的电流可以使运行刀开关的熔丝熔断，断开电源，保护电动机不被烧毁。

15-2 安全电压控制电动机启停电路

安全电压控制电动机启停电路在工厂应用很广泛，主要用于操作环境条件极差、潮湿、易发生漏电的工作场所，保证人体在接触按钮时，即使按钮漏电，也不会造成触电危险。它采用一台行灯变压器为控制电路供电，并将交流接触器线圈的吸合电压选为 36V。其工作原理与常规的电动机启停电路完全一样，电路如图 15-2 所示。

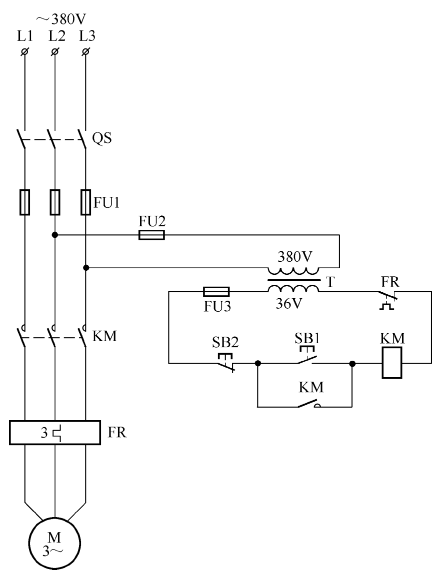


图 15-2 安全电压控制电动机启停电路

15-3　电动机保安接地电路

为了保证工作人员的安全，将电动机的金属外壳用导线接地（最好选择截面面积在 $6mm^2$ 以上的 BVR 导线，电动机容量大时，还应增加导线截面，以确保安全）称为保安接地。当电动机外壳漏电时，产生的大电流将熔断电动机熔丝，使人身安全得到保证。其接地电路如图 15-3 所示。

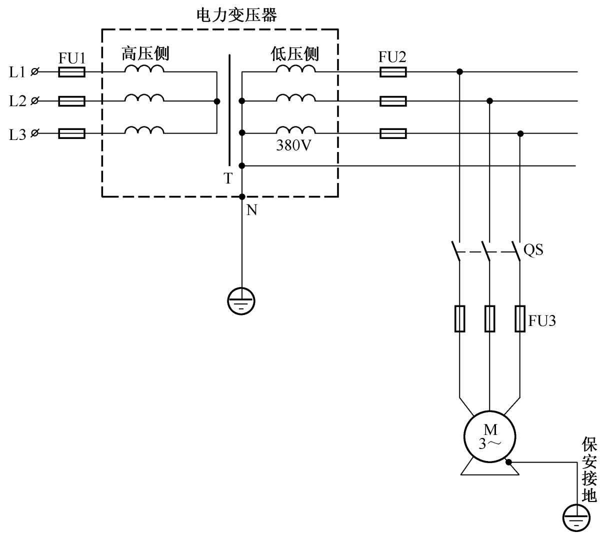


图 15-3　电动机保安接地电路

使用此方法做保安接地保护时，应使接地电阻小于 4Ω，且只能用于小功率的电动机。在应用中还要注意一点，那就是在同一电网电力系统中，不允许一部分电气设备外壳采取接地保护而另一部分电气设备外壳采用接零保护。

15-4　电动机保安接零电路

为了保证人身安全，将电动机的金属外壳与三相四线制的零线连接，称为保安接零，如图 15-4 所示。一旦电动机线圈绝缘被破坏，外壳发生漏电现象，则在相线、电动机金属外壳和中性线间产生短路，迅速熔断电动机的熔丝，把电源隔开，从而保护人身安全。

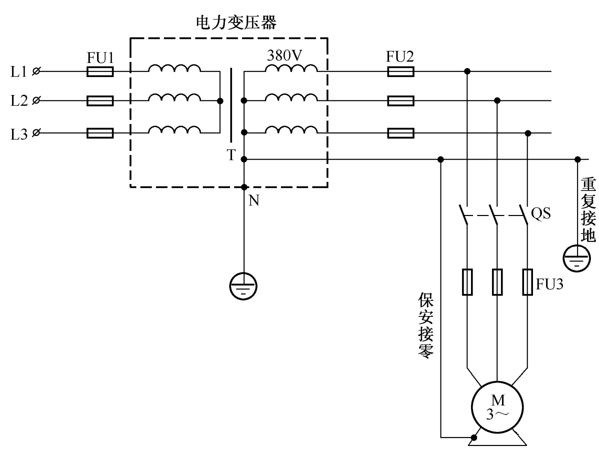


图 15-4　电动机保安接零电路

在应用此方法时，应注意在同一三相四线制电网中，不允许一部分电气设备采用接零保护而另一部分电气设备采用接地保护。

15-5 加一中间继电器做简易断相保护器电路

一般电动机控制电路使接触器吸合的电源是从两相上引出的，常规方法有可能会造成电动机两相运转。在普通的电动机启停电路中加一中间继电器 KA，其吸合电压为 380V，这使 KA 在 L3 相电源有电的情况下，其常开触点才能闭合，从而保证 L1 、L2 、L3 三相都有电，接触器 KM 才能得电工作，起到电动机断相保护作用，电路如图 15-5 所示。

此电路一般应用于电动机负荷较重的工作场合，如果电动机负荷较轻，一旦电动机在运行中熔丝熔断使其中一相断电，由于其他两相电源通过电动机可返回另一相断电的线圈上，虽然电压较低，但接触器线圈仍可继续吸合，故难以起到保护电动机的目的。

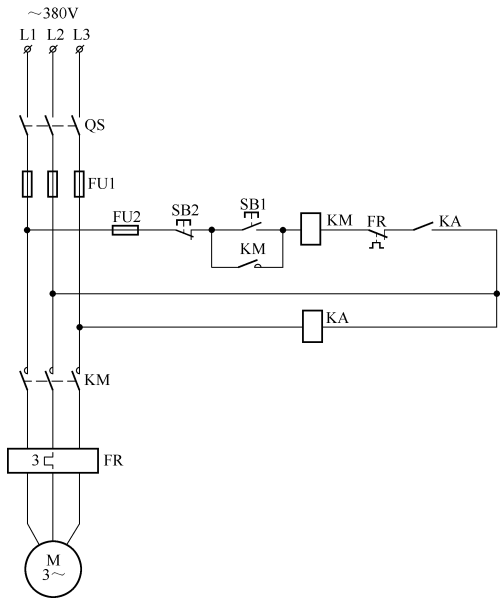


图 15-5　加一中间继电器做简易断相保护器电路

15-6 电动机过电流保护电路

图 15-6 所示是一种三相电动机过电流保护电路，电路使用一个互感器来感应电流，在三相电动机电流超过正常工作电流时，过电流继电器 KI 达到吸合电流而吸合，其常闭触点断开，KM 失电释放，使主回路断电，从而保护电动机过电流时断开电源。

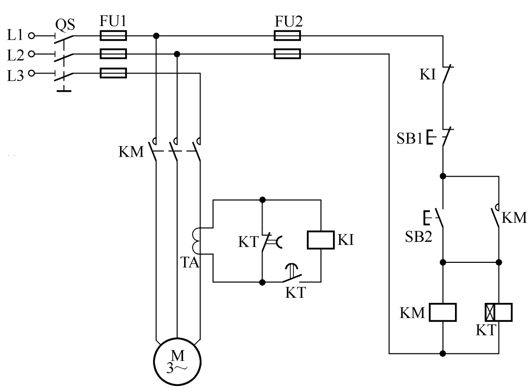


图 15-6　电动机过电流保护电路

在电动机启动时，电流较大，用时间继电器的常闭触点先短路电流互感器，避免电动机启动电流流过 KI 而产生误动作。待电动机启动完毕后，电流降为正常，时间继电器 KT 经延时后动作，其常闭触点断开，常开触点

闭合，把 KI 接入电流互感器电路中。

15-7　晶闸管断相保护电路

对线圈工作电压为 380V 的交流接触器而言，线圈只能接在三相相线中的任意两相上。如果这两相中的任意一相断路，接触器线圈就会失电释放，切断电动机的工作电源。但是，如果断路发生在这两相以外的另一相，则交流接触器仍将继续工作，造成电动机缺相运行，严重时可使电动机烧毁。如果采用断相保护电路，则可防止这种事故的发生。

采用晶闸管的断相保护电路如图 15-7 所示，合上电源开关 QS，按下按钮 SB2，交流接触器 KM 的线圈得电吸合，其主触点闭合，电动机启动运行。电流互感器 TA 有感应信号输出，双向晶闸管 VS 被触发导通，起到接触器辅助触点自锁的作用。松开 SB2 后，接触器 KM 仍保持吸合，电动机 M 继续运行。

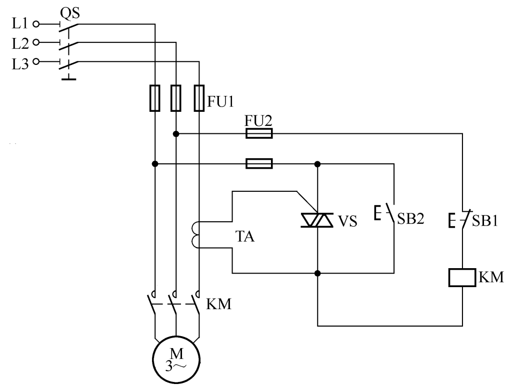


图 15-7　晶闸管断相保护电路

当三相交流电源中的 L3 相断路时，晶闸管失去触发信号而关断，KM 失电释放，电动机 M 的工作电源被切断，实现断相保护。如果 L1 相或 L2 相断路，则接触器 KM 的线圈将失去工作条件，使 KM 线圈失电释放，切断电动机电源，完成断相保护的任务。

15-8　零序电压断相保护电路

零序电压断相保护电路如图 15-8 所示，电容器 C1～C3 接成人为中性点“E”。当电动机正常运行且三相电源平衡时，“E”点电位为零，变压器 T2 无输出，三极管 VT 截止，继电器 KA 不吸合，其常闭触点保持闭合，电动机正常运行。当三相电源断相或三相不平衡时，“E”点电位高于零电位，通过变压器耦合，经 VD1 整流、C5 滤波，再经稳压管 VZ、电阻 R1、电容 C6 延时加至三极管 VT 基极，使其导通，继电器 KA 得电吸合，其常闭触点断开，使 KM 失电释放，电动机 M 失电停转。

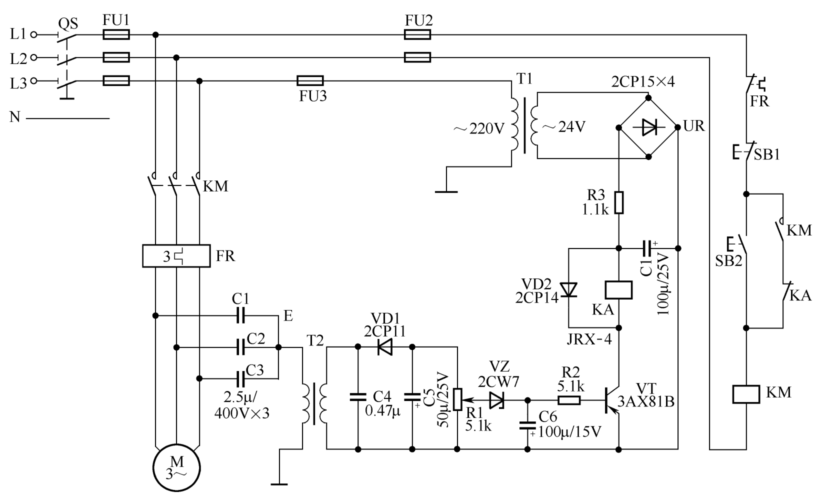


图 15-8　零序电压断相保护电路

15-9　节电式零序电压断相保护电路

本例电路动作灵敏，在电动机缺相时间小于或等于 1s 时，继电器便会动作。该电路无论负载轻重，也无论是Y形接法的电动机还是△形接法的电动机均可使用。

由于在三相电源上接入三个电容，电容器在低压交流电网上能起到无功功率补偿的作用，故该保护电器在正常工作时不会浪费电能，相反还会提高电动机的功率因数，减少无功功率的损耗，可称是一个小型节

电器。

一种节电式零序电压断相保护电路如图 15-9 所示。本电路适用于 0.1～22kW 的电动机。换用容量更大的继电器，则可在 30kW 以上的电动机上使用。

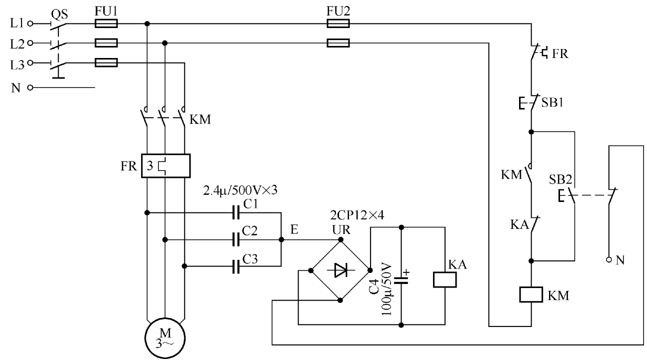


图 15-9　节电式零序电压断相保护电路

电容 C1～C3 接成人为中性点“E”。当电动机运行正常和三相电源平衡时，“E”点电位为零，经 UR 整流后无电压输出，继电器 KA 不吸合，其常闭触点保持闭合，电动机正常运行。当电动机电源某一相断相时，“E”点电位升高，当达到 12V 时，KA 得电吸合，其常闭触点断开，接触器 KM 失电释放，切断电动机电源，电动机 M 停转。

15-10　欣灵 HHD2 电动机保护器典型应用电路

欣灵 HHD2 电动机保护器典型应用电路如图 15-10 所示。将电动机进线穿过欣灵保护器的穿线孔，把交流接触器线圈的控制回路串入保护器的两个接线端子。

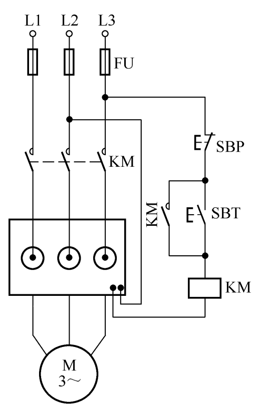


图 15-10　欣灵 HHD2 电动机保护器典型应用电路

当电动机发生断相、过载或三相电流不平衡等故障时，保护器内部的无触点固态式交流电子开关，立即将 KM 线圈电源关断，使电动机 M 停止工作。

注意事项：

（1）HHD2 电动机保护器的输出接口是无触点的固态式交流电子开关，故检验开关的通断特性时不能用万用表的电阻挡测量；

（2）如果该系列保护器动作后要重新启动，必须切断控制电路，使保护器的输出接口断电复位，否则保护器将拒绝启动；

（3）该系列保护器的输出接口不能控制直流接触器类设备，在用户使用的交流接触器的线圈电压大于 380V 或电流大于 1A 时须用中间继电器转换接口。

15-11　利用三个电流互感器和一个电流继电器做电动机断相保护电路

利用三个电流互感器和一个电流继电器做电动机断相保护电路如图 15-11 所示。将三个电流互感器 TA1～TA3 并联在电流继电器 KI 线圈两端，KI 的常闭触点与接触器 KM 自锁触点相串联。电路工作正常时，三相电流之和为零，无电流流过 KI，其常闭触点串入接触器 KM 自锁支路，不影响电动机 M 的正常启动与运转。当三相电动机断相时，三相电流不平衡，不平衡电流流经 KI，KI 吸合动作，其常闭触点断开，使 KM 失电释放，切断电源，电动机停转。

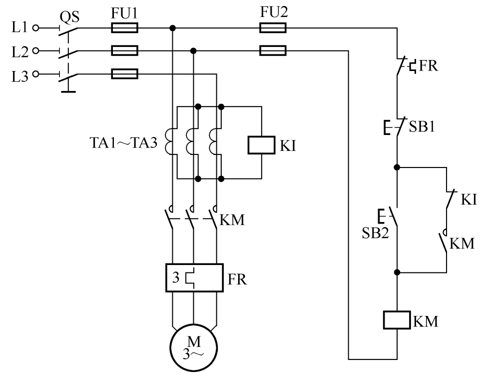


图 15-11　利用三个电流互感器和一个电流继电器做电动机断相保护电路

15-12　Y接法电动机断相保护电路

图 15-12 所示是一种Y接法的电动机断相跳闸装置，此电路适用于 7.5kW 以下的电动机。

按下启动按钮 SB2，接触器 KM 得电吸合并自锁，电动机启动，正常运行。当三相交流电中某一相断路时，电动机的中性点出现电位差。此电压经过整流、稳压，使继电器 KA 得电吸合，其常闭触点断开，使接触器 KM 失电释放，KM 主触点断开，电动机 M 断电停转。

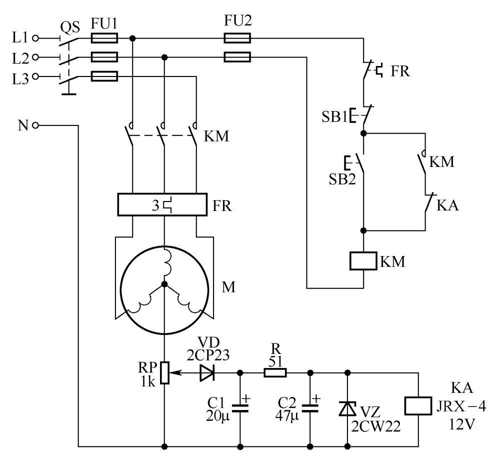


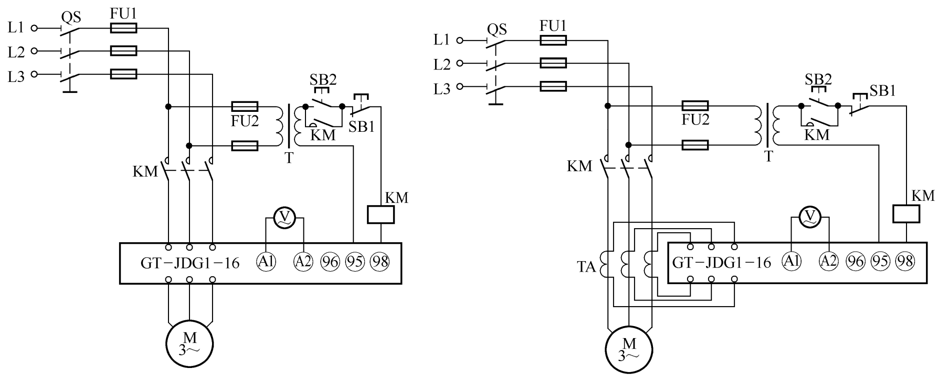
图 15-12　Y接法电动机断相保护电路

15-13　工泰 GT-JDG1 电动机保护器应用电路

工泰 GT-JDG1 保护器与交流接触器组成的电动机保护电路，主要用于对交流 50Hz 或 60Hz、额定电流 600A 及以下三相电动机在运行中可能出现的断相、过载、堵转、三相不平衡等故障进行保护，是热继电器的更新换代产品。

GT-JDG1 保护器有 16A、20A、120A、160A 和 600A 等型号。本例中采用的是 GT-JDG1-16 型保护器，

由于电流小，主电路直接接至保护器主触点上。端子 A1、A2 接一个电压表，端子⑮、⑱内接保护器的一对常闭触点，只要保护器动作，⑮、⑱即断开，从而断开电动机电源，如图 15-13（a）所示。



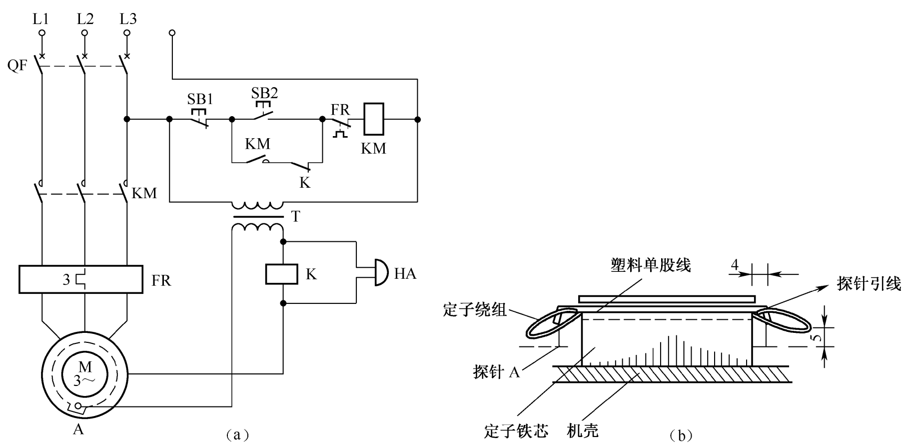
(a) 应用线路　　(b) 配合电流互感器应用线路

图 15-13　工泰 GT-JDG1 电动机保护器应用电路

GT-JDG1-16 型保护器如果配合电流互感器使用，则能使较小容量的 16A 保护器用来保护功率较大的电动机，电路如图 15-13（b）所示。

15-14　用继电器保护水浸电动机电路

用继电器保护水浸电动机电路如图 15-14 所示。当按启动按钮 SB2 时，KM 得电并自锁，电动机 M 启动运转。如果此时有水进入电动机，且淹没探针 A，通过水，使 A 与机壳接通，继电器 K 吸合，其常闭触点断开，KM 失电释放，电动机 M 停转。同时，HA 鸣响报警。

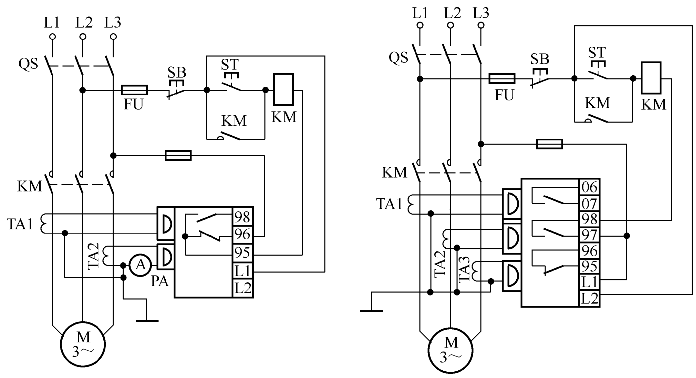


(a)　　(b)

图 15-14　用继电器保护水浸电动机电路

15-15　EOCR 系列电动机保护器电路

EOCR 系列电动机保护器电路如图 15-15 所示，图 15-15（a）所示为 EOCR-SS 型，图 15-15（b）所示为 EOCR-3DD 型。EOCR 系列电动机保护器有 05 型、30 型、60 型、100 型，电流调节范围分别是 0.5～5A、3～30A、5～60A、10～120A，超过 60A 可将 05 型与电流互感器匹配使用。启动延迟时间：EOCR-SS 在 0.2～30s 内调整；EOCR-3DD 型可在 1～200s 内调整。跳闸动作时间：EOCR～SS 型在 0.2～10s；EOCR-3DD 在 0.2～25s 内调整。控制电压：220V、440V。复位方式：手动复位或其他方法控制复位。环境要求温度 -20℃～+70℃。相对湿度 45%～85%。功率损耗小于 2W。缺相保护在 4s 内动作。三相电流不平衡，相间电流差值不超过 50%，延时 8s 动作。



（a）EOCR-SS 型　　　　（b）EOCR-3DD 型

图 15-15　EOCR 系列电动机保护器电路

第 16 章

调速控制电路

16-1 JZT 型电磁调速控制器电路

电磁调速电动机采用滑差离合器和一般异步电动机相结合，在规定的调速范围内，能实现均匀连续无级调速。这里介绍一种 JZT 型电磁调速控制器，工作原理如下。

调速是通过离合器来实现的。在励磁线圈未通电流时，电枢虽然在转动，但输出轴不可能跟随电枢转动。当励磁线圈通过电流时，由于电磁作用电枢被磁极所吸引，磁极转子跟随电枢旋转。改变励磁线圈电流，便可改变磁极转子跟随电枢转速的差距。此电磁调速控制电路就是利用晶闸管输出电流的大小改变励磁线圈电流来实现调速的。

电磁调速控制电路由晶闸管主回路、给定电路、触发电路、测速负反馈电路组成。

主回路采用晶闸管半波整流电路。由于励磁线圈是一个电感性负载，为了使电流连续通过励磁线圈，在励磁线圈前并联了续流二极管。FU 熔断器用来对整个电路进行短路保护；用压敏电阻 RV 进行交流电压侧浪涌电压保护；用阻容吸收回路 C1、R1 进行元件侧过电压保护；给定电路中 27V 交流电压经二极管整流、滤波、稳压加到给定电位器 RP3 两端。测速负反馈电路中测速发电机三极电压经二极管整流、滤波加到反馈电位器 RP2 两端，此直流电压随调速电动机的转速变化而线性变化，作为速度反馈信号。它的极性与给定信号电压相反，它增大则两信号比较后的输出信号电压减小。触发电路由单结晶体管 BT-33F 组成。当 C2 充电电压达到一定值时，单结晶体管 e-G1 间的电阻突然变小，C2 就通过 e-b1 放电，形成脉冲电流。C2 放电后，e-b1 间又成高电阻态，这时脉冲变压器 TM 一次侧有脉冲电流流过，二次侧则得到相应系列脉冲电压，使晶闸管触发导通。但由于给定电压和测速负反馈电压进行比较后的控制信号加在单结晶体管 G2 上，所以单结晶体管的内阻将随控制信号改变。而内阻的改变又导致 C2 充放电电流大小的改变，使电容 C2 充放电时间随之改变。这样单结晶体管产生的触发脉冲能根据控制信号进行自动移相，从而改变晶闸管的导通角来实现控制电动机转速的目的。

注意事项：

在使用此控制器进行调速时，应使电动机的负载端带上大于 10% 的负载，否则会失控。另外，在工作后切断电动机 380V 电源时，也应同时断开控制器的电源。

调试说明：

此控制器最大直流输出电压大于 80V，最大输出电流为 5A，控制电动机的功率为 0.6～30kW。在调试中，如果发现转速有周期性振荡问题则可将励磁线圈两根接线（6、7）调换一下。调 RP3 于任意一个位置，用机械转速表查是否与调速器中转速表指示一致。不一致时可调 RP4。顺时针方向调 RP3 旋钮达到最大输出，调反馈电位器 RP2 使转速限在 1230r/min 左右。这样调整后，使操作调速旋钮在“0”位时负载停转，在顺时针调到最大位置时负载转速不超过 1230r/min，即可使用。电路及接线方法如图 16-1 所示。

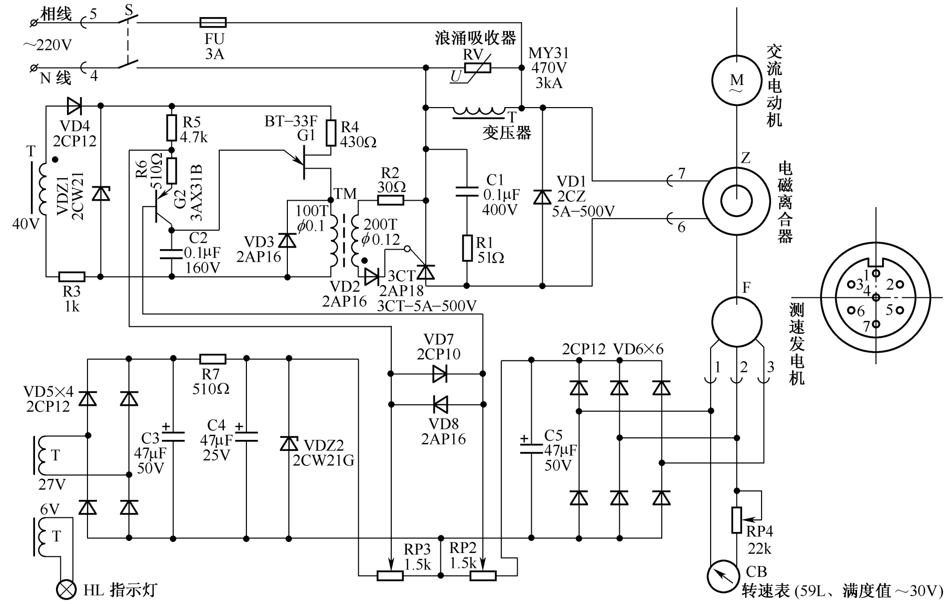


图 16-1 JZT 型电磁调速控制器电路

16-2 JD1A 型电磁调速控制器电路

常用的 JD1A 系列电磁调速控制器由速度调节器、移相触发器、晶闸管整流电路及速度负反馈等环节所组成。

图 16-2 所示为 JD1A 型电磁调速控制器电路。从图中可知：速度指令信号电压和速度负反馈信号电压比较后，其差值信号被送入速度调节器进行放大，放大后的信号电压与锯齿波相叠加，控制了三极管的导通时间，产生了随着差值信号电压改变而移动的脉冲，从而控制了晶闸管的导通角，使滑差离合器的励磁电流得到控制，即滑差离合器的转速随着励磁电流的改变而改变。由于速度负反馈的作用，滑差电动机实现了恒转矩无级调速。

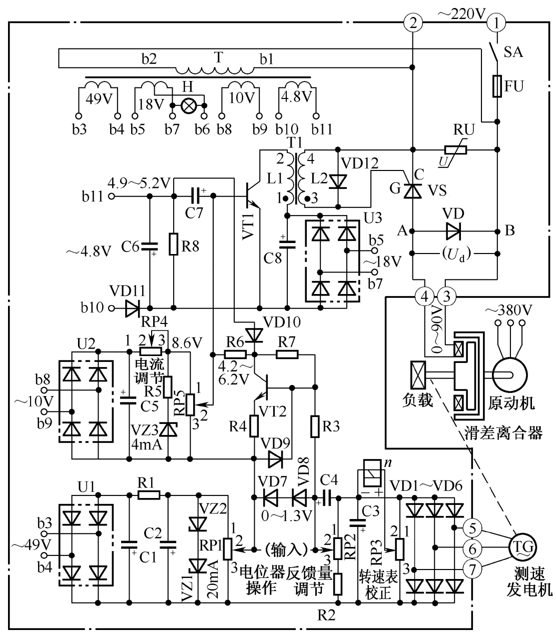
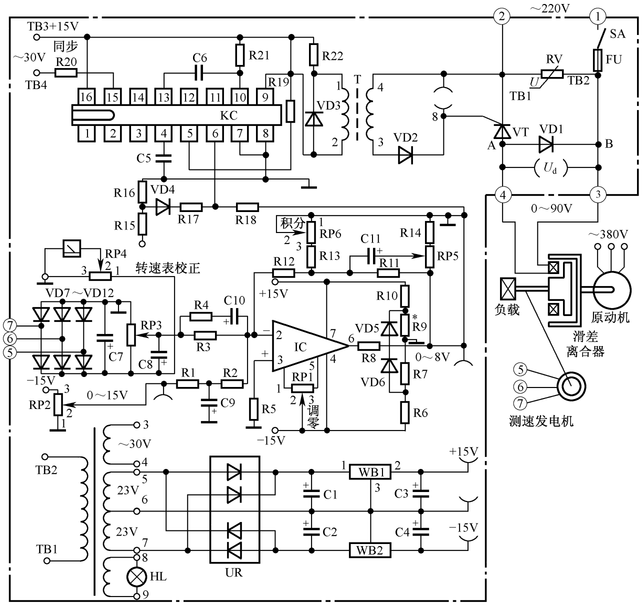


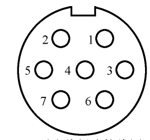
图 16-2 JD1A 型电磁调速控制器电路

16-3 JD1B、JD1C 型电磁调速控制器电路

JD1B 型电磁调速控制器的接线非常方便，所有输入/输出线都通过面板下方的七芯航空插座进行连接，插座各芯与相应各线的连接如图 16-3（a）所示。

JD1A、JD1B、JD1C 型电磁调速控制器的试运行过程如下。

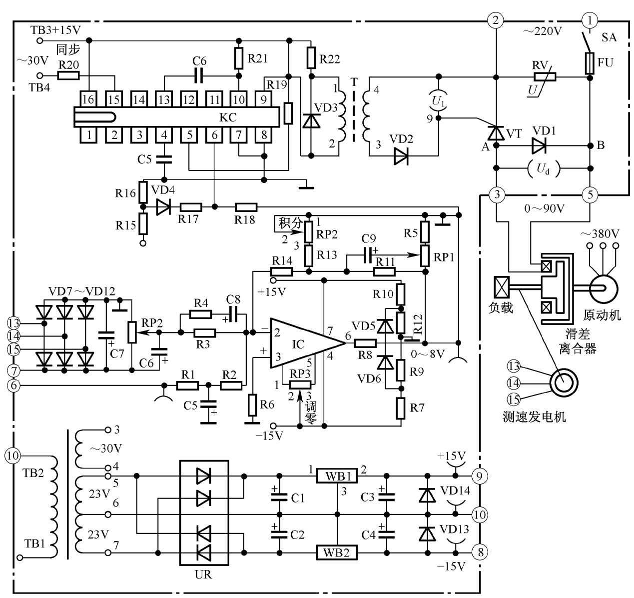


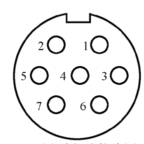


引出线插头接线图

插头号码	连接对应的名称
1	电源~220V
2	
3	离合器励磁绕组 F1　　F2
4	
5	测速发电机输出端 U　　V　　W
6	
7	

（a）JD1B型电磁调速控制器及引出线插头接线





引出线插头接线图

插头号码	连接对应的名称
1	电源~220V
2	
3	离合器励磁绕组 F1　　F2
4	
5	测速发电机输出端 U　　V　　W
6	
7	

（b）JD1C型电磁调速控制器及引出线插头接线

图16-3　JD1B、JD1C型电磁调速控制器及引出线插头接线

（1）接通电源，合上面板上的主令开关，当转动面板上的转速指令电位器时，用100V以上的直流电压表测量面板上的输出测量点应有0～90V的突跳电压（因测速反馈未加入时的开环放大倍数很大），则认为开环时工作基本正常。

（2）启动交流异步电动机（原动机）使系统闭环工作，此时电动机的输出转速应随面板上转速指令电位器的转动而变化。

JD1A、JD1B、JD1C型电磁调速控制器的调整过程如下。

（1）转速表的校正。面板上的转速表的指示值正比于测速发电机的输出电压；由于每台测速发电机的输出电压有差异，必须根据电磁调速电动机的实际输出转速对转速表进行校正。调节转速指令电位器，使电动机运转到某一转速时，用轴测试转速表或数字转速表测量电动机的实际输出转速，如果面板上的转速表所指示的值与实际转速不一致，可以调整面板上的“转速表校正”电位器，使之一致。

（2）最高转速整定。此种整定方法就是对速度反馈量的调节。将速度指令电位器顺时针方向转至最大，并调节“反馈量调节”电位器，使之转速达到电磁调速电动机的最高额定转速（≤15kW 为 1250r/min，≥15kW 为 1320r/min）。

JD1C 型电磁调速控制器应按图 16-3（b）所示电路接线。

JD1A、JD1B、JD1C 型电磁调速控制器的安装、使用和维护如下所述。

（1）在测试开环工作状况时，七芯航空插座的 3、4 芯接入负载后，输出才是 0～90V 的突跳电压；如果不接负载，输出电压可能不在上述范围内。

（2）面板上的“反馈量调节”电位器应根据所控制的电动机进行适当的调节。反馈量调节过小，会使电动机失控；反馈量调节过大，会使电动机只能低速运行，不能升速。

（3）面板上的“转速表校准”电位器在校正好后应将其锁定；否则，如果其逆时针转到底，会使转速表不指示。

（4）运行中，若发现电动机输出转速有周期性的摆动，可将七芯插头上接到励磁线圈的 3、4 线对调；对 JD1B 型，应调节电路板上的“比例”电位器，使之与机械惯性协调；以达到更进一步的稳定。

（5）周围环境须保持清洁，防止油污及水渍滴入控制器内，并避免剧烈震动。

（6）在停放时间过长或发现控制器内部受潮后，应低温烘干并检查电气性能及绝缘性能。

（7）元件损坏时，应及时更换。在更换元件时，必须小心进行，使用电烙铁的功率不得大于 45W，焊接时间不超过 5s，注意防止印制电路板铜箔脱落。元件修补完毕，应用酒精清洁一下，然后敷一层稀薄的万用胶。

16-4　用三个交流接触器构成的三速异步电动机启动及加速控制电路

图 16-4 所示是用 3 个交流接触器构成的三速异步电动机启动及加速控制电路。

图中，SB1 为停止按钮开关，SB2 为低速按钮开关，SB3 为中速按钮开关，SB4 为高速按钮开关，1KM 为低速运转控制交流接触器，2KM 为中速运转控制交流接触器，3KM 为高速运转控制交流接触器。

低速运转时按下 SB2 启动开关后，1KM 线圈得电吸合，其 1KM1 触点闭合后自锁，1KM2、1KM3 触点断开互锁，1KM4～1KM7 闭合后使电动机低速运转。中速运转时按下 SB3 启动开关后，2KM 线圈得电吸合，其 2KM2 触点闭合后自锁，2KM1、2KM6 触点断开互锁，2KM3～2KM5 闭合后使电动机中速运转。高速运转时启动 SB4 高速运转启动开关。

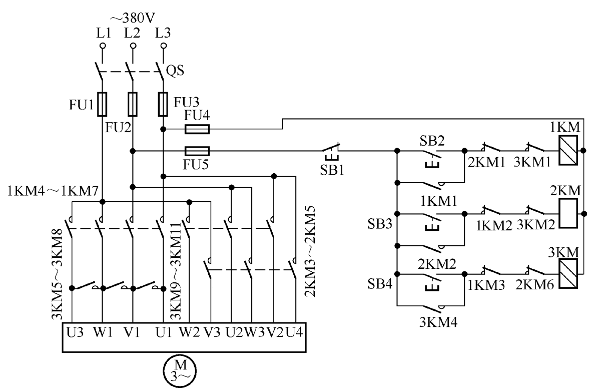


图 16-4　用 3 个交流接触器构成的三速异步电动机启动及加速控制电路

16-5　单相感应电动机无级调速电路

单相感应电动机无级调速电路如图 16-5 所示。图中 C2 和 RP 组成阻容移相桥，调节 RP 便可改变移相电桥输出的交流电压的相位，经整流桥 UR2 加在 VS 控制极上控制 VS 的导通角，从而改变电动机 M 的工作电压，实现无级调速。

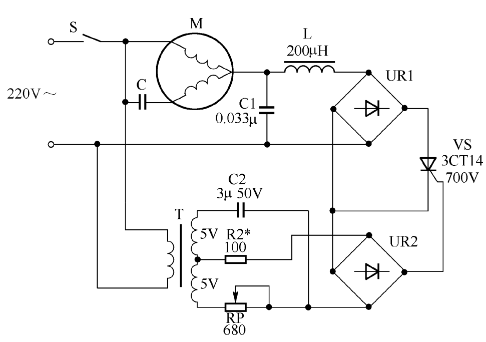
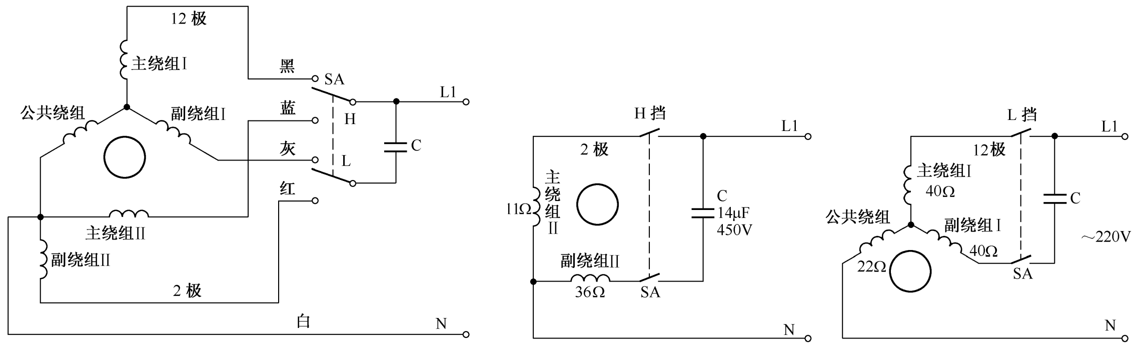


图 16-5　单相感应电动机无级调速电路

16-6　双速单相电动机控制电路

双速单相电动机控制电路由主绕组Ⅰ、主绕组Ⅱ、副绕组Ⅰ、副绕组Ⅱ、公共绕组、换挡开关SA及电容器C等组成。电动机的两套绕组装在同一个定子上，两套绕组分别为12极低速绕组和2极高速绕组。双速单相电动机控制电路如图16-6所示。



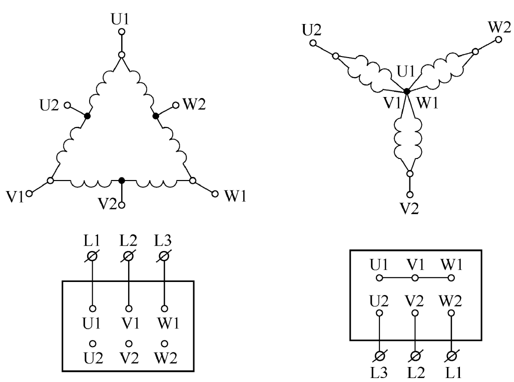
（a）双速单相电动机控制线路　（b）高速挡线路　（c）低速挡线路

图16-6　双速单相电动机控制电路

使用高速挡时，将开关SA置于“H”挡，主绕组Ⅰ、副绕组Ⅰ和公共绕组退出，主绕组Ⅱ和副绕组Ⅱ参与工作，并且副绕组Ⅱ与电容器C串联成为启动回路，如图16-6（b）所示。

使用低速挡时，将开关置于“L”挡，副绕组Ⅰ与电容器串联成为启动回路，主绕组Ⅰ参与工作，如图16-6（c）所示。这时公共绕组串联在工作零线N与主绕组Ⅰ、副绕组Ⅰ（含电容器C）之间，转速为450r/min。

16-7　双速电动机定子绕组接线电路



（a）△形连接　（b）Y形连接

图16-7　双速电动机定子绕组接线电路

在有些机床中，如T68型镗床和M1432A型万能外圆磨床的主轴，为了得到较宽的调速范围，采用了双速电动机来传动，有的机床还采用了三速和四速电动机，双速电动机采用改变极对数来改变电动机的转速。双速电动机定子绕组接线电路如图16-7所示。

图中，电动机的三相定子绕组接成△形，三个绕组的三个连接点接出三个出线端U1、V1、W1，每相绕组的中点各接出一个出线端U2、V2、W2，共有六个出线端。改变这六个出线端与电源的连接方法就可得到两种不同的转速。若要使电动机低速工作，只需将三相电源接至电动机定子绕组△形连接顶点的出线端U1、V1、W1上，其余三个出线端U2、V2、W2空着不接，此时电动机定子绕组接成△形，如图16-7（a）所示，极数为4极，同步转速为1500r/min。

若要电动机高速工作，把电动机定子绕组的三个出线端U1、V1、W1连接在一起，电源接到U2、V2、W2三个出线端上，这时电动机定子绕组接成双Y形连接，如图16-7（b）所示。此时极数为2极，同步转速为3000r/min。必须注意，从一种接法改为另一种接法时，为了保证旋转方向不变，应把电源相序反过来。双速电动机高速运转时的转速接近低速时的两倍。

16-8　时间继电器控制的双速电动机自动加速电路

有时为了减少高速运转时的能耗，启动时电动机先按△形连接低速启动，然后自动地转为双Y形连接高速运行。这个过程可以用时间继电器来控制，时间继电器控制的双速电动机自动加速电路如图16-8所示。

合上电源开关QS，按下启动按钮SB2，断电时间继电器KT得电吸合，其瞬时动作延时断开的触点闭合，接触器KM1得电吸合，其主触点闭合，电动机定子绕组接成△形启动。KM1常开触点闭合，中间继电器KA得

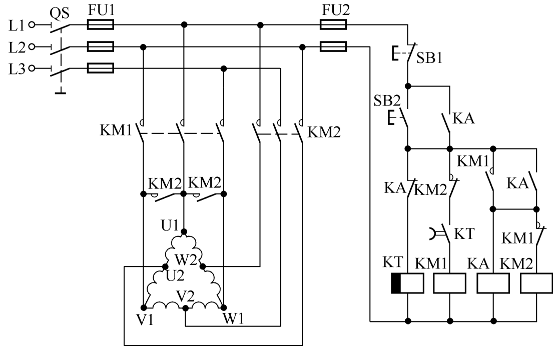


图 16-8　时间继电器控制的双速电动机自动加速电路

电吸合并自锁。KA 的常闭触点断开，时间继电器 KT 断电。经延时，时间继电器 KT 延时断开的触点断开，接触器 KM1 失电释放，其主触点断开，解除△形连接。同时由于 KM1 常闭触点闭合，接触器 KM2 得电吸合，其主触点闭合，电动机自动从△形改变成双Y形运行，完成自动加速过程。

16-9　双速电动机的控制电路

双速电动机的控制工作原理是：按下低速启动按钮 SB2，低速接触器 KM 线圈通电，电动机低速运转，此时电动机的绕组为△形连接，如图 16-9（b）所示；若需换为高速运转，则可按下高速启动按钮 SB3，于是 KM 线圈断电，高速接触器 KM1 和 KM2 线圈接通，电动机高速运转，此时电动机绕组为双Y形接线，如图 16-9（c）所示。此种接线法的电动机应用最广泛。

图 16-9（b）所示为电动机的三相绕组接成△形连接电路，三个电源线连接在接线端 U1、V1、W1，每个绕组的中点引出的接线端 U2、V2、W2 空着不接，此时电动机磁极为 4 极，同步转速为 1500r/min。使电动机高速工作时，只需把电动机绕组接线端 U1、V1、W1 短路，U2、V2、W2 的三个接线端接电源，如图 16-9（c）所示。此时电动机定子绕组为双Y形连接，磁极为 2 极，同步转速为 3000r/min。必须注意，从一种接法改为另一种接法时，为了保证旋转方向不变，应把电源相序反过来。

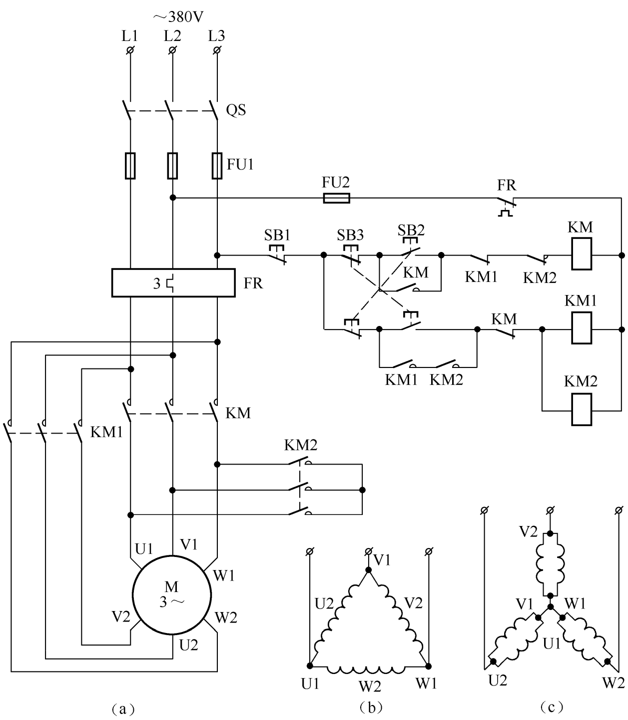
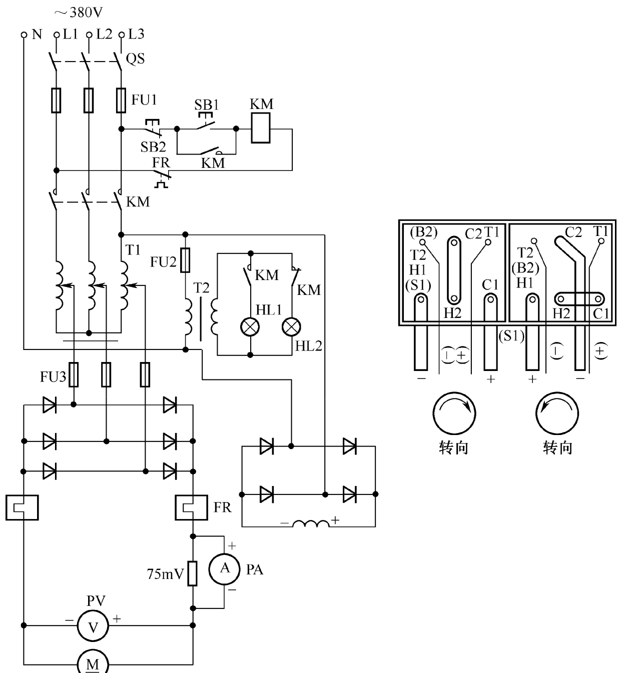


图 16-9　双速电动机的控制电路

16-10　自装他励直流电动机配电柜电路

一般是由三相交流电或两相交流电，经晶闸管整流变为直流电作为直流电动机的电源，再通过控制晶闸管导通角的大小，控制输出电压的大小，来达到调速的目的。但这种电路较为复杂，下面介绍一种直流电动机用调压器调整输出电压，再经过二极管整流供给直流电动机来调速的电路，该电路非常实用。图 16-10 所示是调压器与二极管组成的直流电动机调速控制电路，这种电路电路简单、工作可靠、能达到无级调速的目的，它适用于单台直流电动机调速或多台直流电动机调速。它的工作原理是：合上刀开关 QS 时，电源接通控制电路，为开动电动机做好了准备。当使用电动机时，按下 SB1 按钮，交流接触器 KM 线圈得电吸合，三相调压器输入端接通三相交流电源，这时用手调整三相调压器，三相调压器即开始输出三相交流电压，从 0V 上升，这时经六个



（a）配电柜线路　　（b）接线端子线路

图 16-10　自装他励直流电动机配电柜及接线端子电路

整流二极管，把交流电压整流成直流电压供直流电动机使用。另外，电路中还有热继电器过电流保护，在电枢主回路中串联了 75mV 的分流器，直流电流表的量程可根据电动机的额定电流大小来选定。在电枢的两端电路中还装有直流电压表，供操作人员操作电动机时参考。直流电动机的励磁线圈电压经单相 220V 交流电源，由四个二极管整流供给，只要 KM 接通交流调压器，励磁电压立即接通励磁线圈。这种电路在一般厂矿、乡镇企业单位非常实用，可自行装配。改装原有晶闸管触发的配电电路，特别是对因配电电路老化损坏严重、调速板不易恢复修好的直流配电柜，采用此电路尤为实用。

16-11　他励大功率直流电动机配电（实验）运行柜电路

他励大功率直流电动机配电（实验）运行柜电路如图 16-11 所示。直流电动机一般可由三相交流电或两相交流电供电，经晶闸管整流变为直流电作为它的电源，再通过控制调压器，控制输出电压的大小，来达到调速的目的。这种电路具有电路简单、工作可靠、能达到无级调速的目的等优点，它适用于多台大功率与小功率直流电动机同时调速运行的情况。此电路可用于对大型直流电动机修理厂做调试实验台配电柜，同时也可自装，用于一般厂矿、乡镇企业单位。

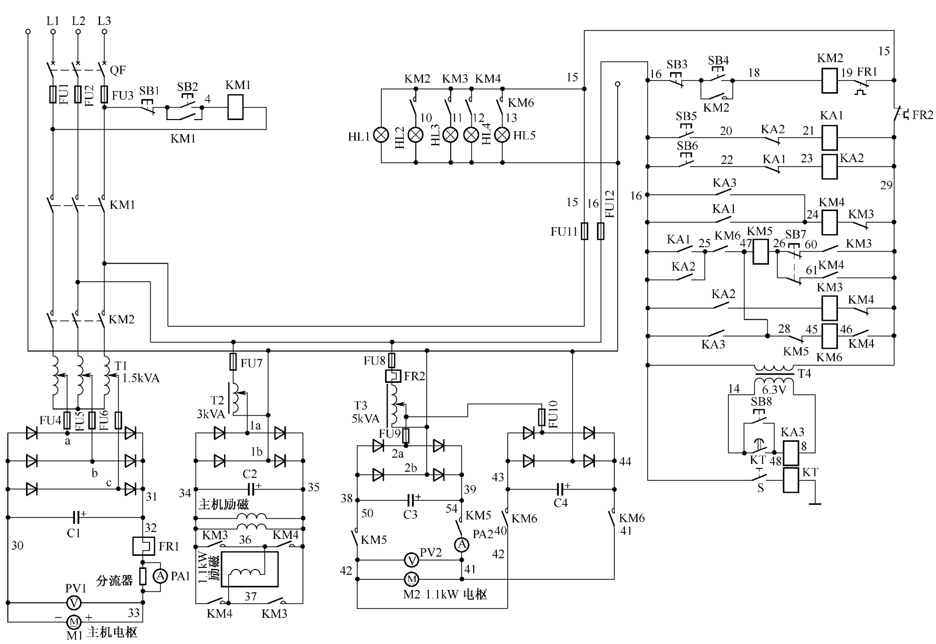


图 16-11　他励大功率直流电动机配电（实验）运行柜电路

第 17 章

变频调速电路

17-1　具有遥控设定箱的变频器调速电路

具有遥控设定箱的变频器调速电路如图 17-1 所示，它适于变频器不能就地操作或无法实现集中控制的场合。图中 FR-FK 为遥控设定箱。遥控设定箱外接加速、减速、设定消除三个按钮和一个启动开关。操作时先合上启动开关，然后根据需要按动其他按钮。变频器不仅可调速，而且可换向。如图 17-1 所示，将 SF 合上时，电动机 M 正转；扳下 SF，合上 SR，电动机 M 反转。

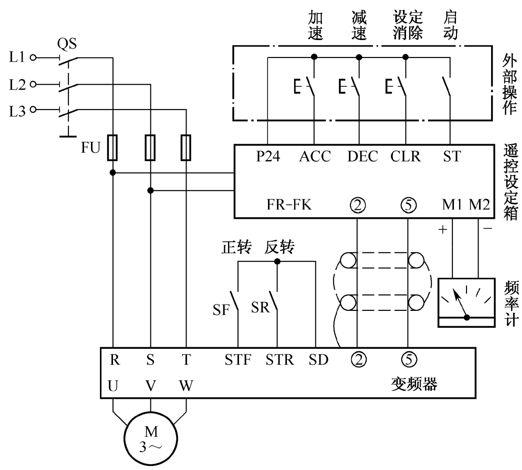


图 17-1　具有遥控设定箱的变频器调速电路

FR-FK 的 M1、M2 端子用来连接频率计。其②、⑤端与变频器的②、⑤端用屏蔽线相连。

17-2　具有三速设定操作箱的变频器调速电路

具有三速设定操作箱的变频器调速电路如图 17-2 所示，它适于抛光、研磨、搅拌、脱水、离心、甩干、

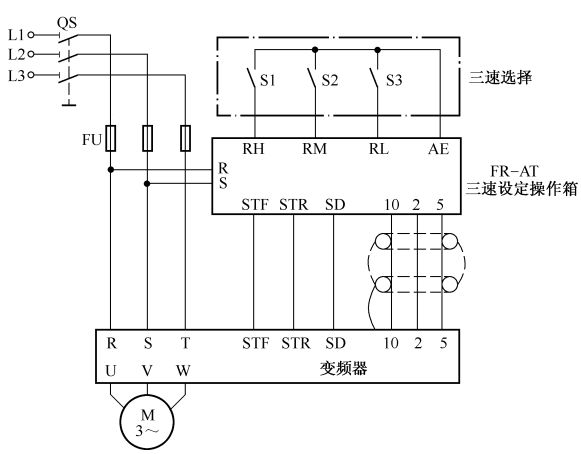


图 17-2　具有三速设定操作箱的变频器调速电路

清洗等机械设备在需要多段速度的工序中采用。图中 FR－AT 为三速设定操作箱，它与变频器之间须用屏蔽线连接。通过 S1、S2、S3 三个手动开关控制，可以实现三速选择。

17-3　VFD－007V23A 变频器接线电路

目前变频器作为新颖的电气设备在实际工作中得到了广泛应用，VFD－007V23A 变频器接线电路就是实际应用电路之一，如图 17-3 所示。

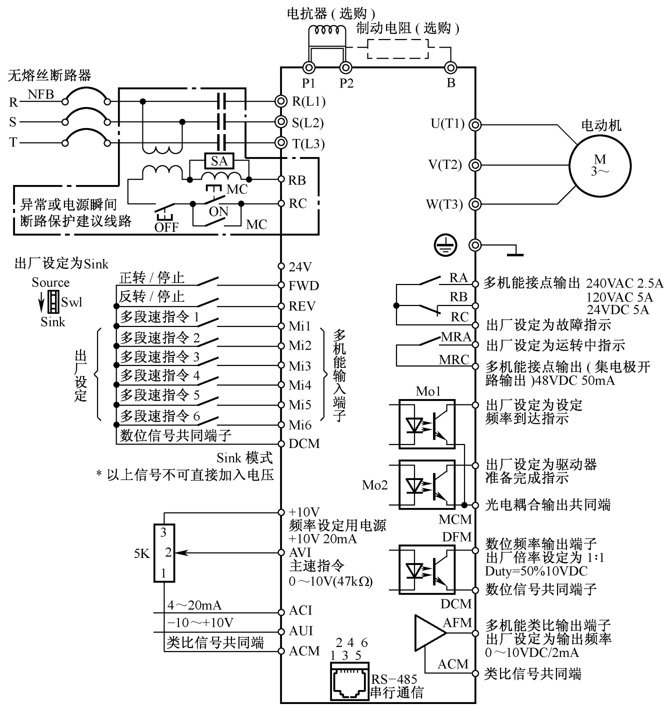


图 17-3　VFD－007V23A 变频器接线电路

VACON NX 系列变频器的输入电压是 200～240V、380～500V、525～690V（－15%～＋10%）。

辅助电压：外部辅助电源可以给控制电路供电，可以给控制面板、内部驱动电路和现场总线供电，其参数为 DC 24V，300mA。

VACON NX 系列变频器的电动机输出参数如下。

电压：0～U_{in}。

VACON NX 系列变频器的数字输出：开集电极输出，50mA/48V。

VACON NX 系列变频器的继电器输出：最大开关电压，DC 125V、AC 250V。

VACON NX 系列变频器的最大开关负载：8A/DC 24V、0.4A/DC 125V、2kV·A/AC 250V。

17-4　电动机变频器的步进运行及点动运行电路

电动机变频器的步进运行及点动运行电路如图 17-4 所示。此电路中电动机在未运行时点动有效。运行/停止由 REV、FWD 端的状态（即开关）来控制。其中，REV、FWD 表示运行/停止与运转方向，当它们同时闭合时无效。

可通过并联开关来实现在不同的地点控制同一台电动机的运行，由 X4、X5 端的状态（开关 SB1、SB2）确定，虚线即为设在不同地点的控制开关。

JOG 端为点动输入端子。当变频器处于停止状态时，短路 JOG 端与公共端（CM）（即按下 SB3），再闭合 FWD 端与 CM 端之间连接的开关，或闭合 REV 端与 CM 端之间连接的开关，则会使电动机 M 实现点动正转或反转。

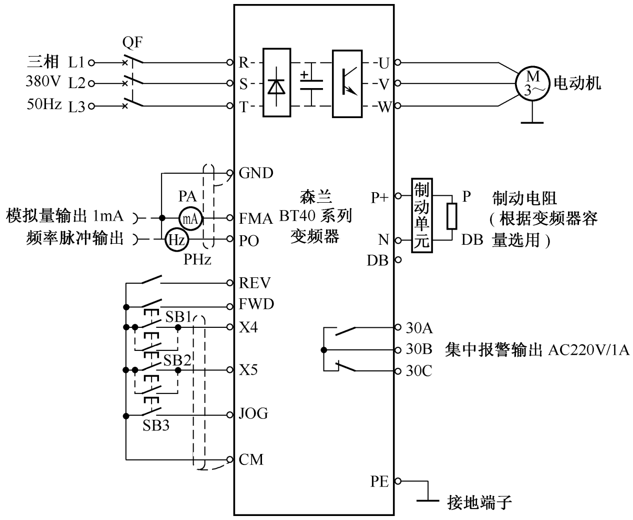


图 17-4　电动机变频器的步进运行及点动运行电路

17-5　用单相电源变频控制三相电动机电路

变频控制有很多好处，如三相变频器通入单相电源可以方便地为三相电动机提供三相变频电源，电路如图 17-5 所示。

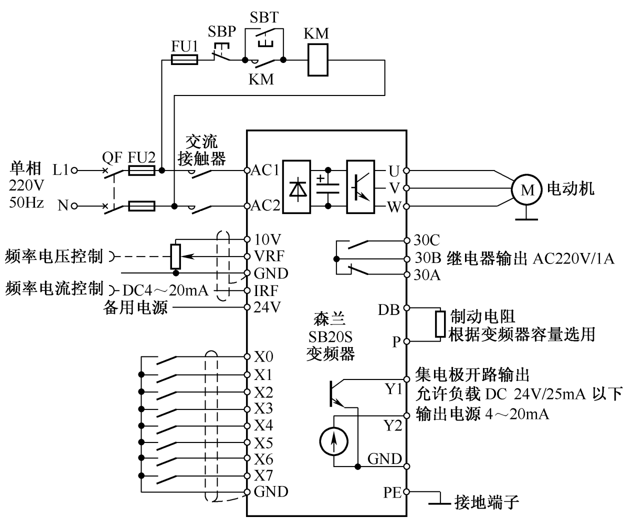


图 17-5　用单相电源变频控制三相电动机电路

17-6　有正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路

对于有正反转功能的变频器，可以采用继电器来构成正转、反转、外接信号。有正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路如图 17-6 所示。

正转时，按下按钮 SB1，继电器 K1 得电吸合并自锁，其常开触点闭合，FR - COM 连接，电动机正转运行；停止时，按下按钮 SB3，K1 失电释放，电动机停止。

反转时，按下按钮 SB2，继电器 K2 得电吸合并自锁，其常开触点闭合，RR - COM 连接，电动机反转运行；停止时，按下按钮 SB3，K2 失电释放，电动机停止。

事故停机或正常停机时，复位端子 RST - COM 断开，发出报警信号。按下复位按钮 SB4，使 RST - COM 连接，报警解除。

图 17-6 中 Hz 为频率表，RP1 为 2W、1kΩ 的线绕式频率给定电位器，RP2 为 12W、10kΩ 的校正电阻，构成频率调整回路。

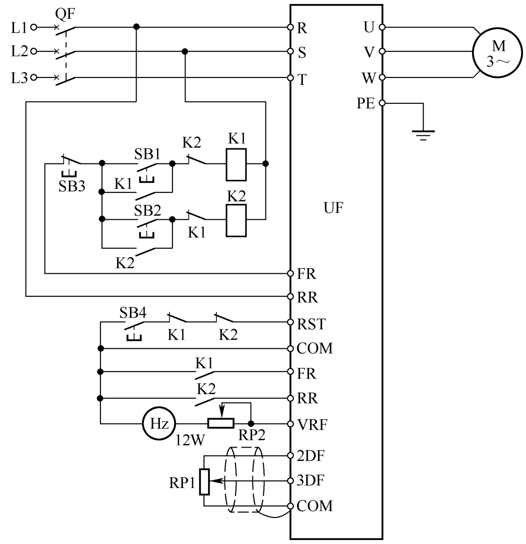


图 17-6　有正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路

17-7　无正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路

有些变频器无正反转功能，只能使电动机向一个方向旋转，这时采用本例电路可实现电动机正反转运行。无正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路如图 17-7 所示。

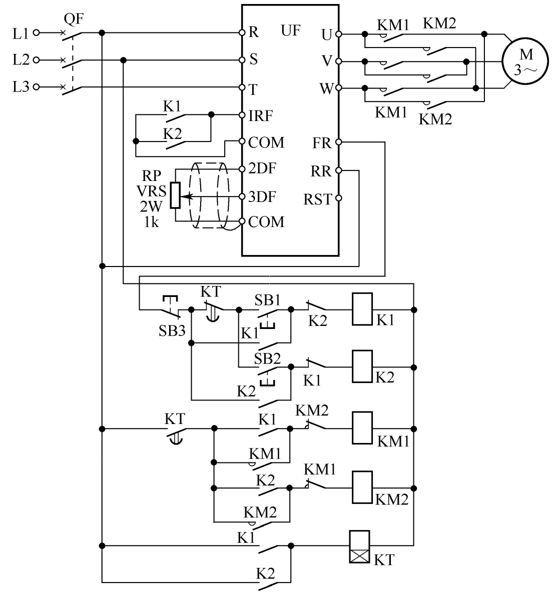


图 17-7　无正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路

正转时，按下按钮 SB1，中间继电器 K1 得电吸合并自锁，其两副常开触点闭合，IRF - COM 接通，同时时间继电器 KT 得电，进入延时工作状态，待延时结束后，KT 延时闭合触点动作，使交流接触器 KM1 得电吸合并自锁，电动机正转运行。

欲使 M 反转，在 IRF - COM 接通后，变频器 UF 开始运行，其输出频率按预置的升速时间上升至与给定相对应的数值。当按下停止按钮 SB3 后，K1 失电释放，IRF - COM 断开，变频器 UF 输出频率按预置频率下降至 0，M 停转。按下反转按钮 SB2，则反转继电器 K2 得电吸合，使接触器 KM2 吸合，电动机反转运行。

为了防止误操作，K1、K2 互锁。

RP 为频率给定电位器，必须用屏蔽线连接。时间继电器 KT 的整定时间要超过电动机停止时间或变频器的减速时间。在正转或反转运行中，不可关断接触器 KM1 或 KM2。

17-8　工频/变频切换运行电路

工频/变频切换运行电路见图 17-8：合上电源开关 QF，转换开关 SA 在变频位置时按下启动按钮 SB1，接触器 KM1、KM2 线圈得电，主触点闭合，电动机 M 接变频器启动，经过一定时间延时后，KT 延时闭合动合触点闭合，为工频运行做准备。当变频器故障时，将转换开关 SA 扳到工频位置，这时 KM1、KM2 失电释放，KM3 线圈得电，电动机由 KM3 提供工频电源。

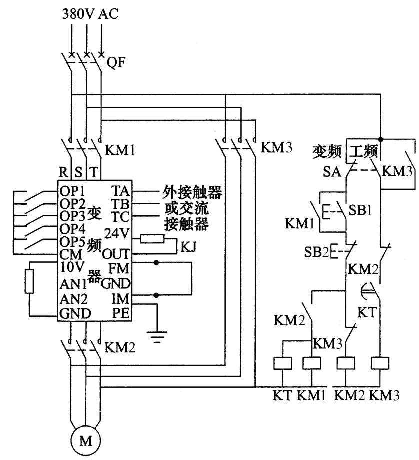


图 17-8　工频/变频切换运行电路

17-9　一拖一单泵自动恒压供水电路

一拖一单泵自动恒压供水电路见图 17-9：合上电源开关 QF，转换开关在自动位置时，接触器 KM1、KM2 线圈得电，主触点闭合，电动机 M 接变频器启动运行，指示灯 EL1 亮。变频器根据远传压力表和压力变送器检测的数据，调整变频器输出频率，改变电动机 M 转速，使管道压力保持恒定。当转换开关在手动位置时，接触器 KM3 线圈得电，电动机 M 接入工频运行，指示灯 EL2 亮。

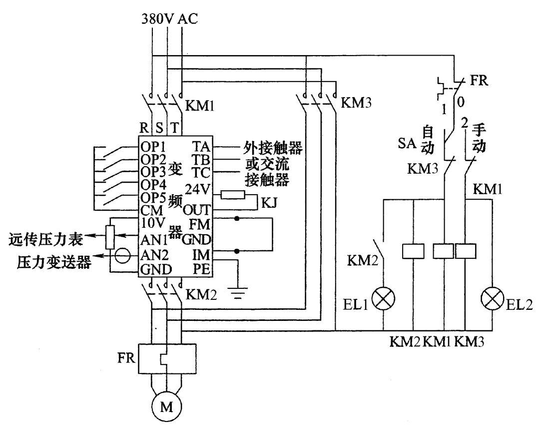


图 17-9　一拖一单泵自动恒压供水电路

17-10　变频器一拖二启动电路

变频器一拖二启动电路见图 17-10：合上电源开关 QF，按下启动按钮 SB1，接触器 KM1、KM 线圈得电，主触点闭合，电动机 M1 接变频器启动，经过一定时间延时后，KT1 延时断开动断触点断开 KM1 线圈回路，KM1、KM 线圈失电释放，为 M2 启动做准备，同时 KT1 延时闭合动合触点闭合，接通 KM3 线圈回路，电动机 M1 接入工频运行。

M1 启动完成后按下启动按钮 SB2，接触器 KM2、KM 线圈得电，主触点闭合，电动机 M2 接变频器启动，经过一定时间延时后，KT2 延时断开动断触点断开 KM2 线圈回路，KM2、KM 线圈失电释放，为 M1 再次启动做

准备，同时 KT2 延时闭合动合触点闭合，接通 KM4 线圈回路，电动机 M2 接入工频运行。

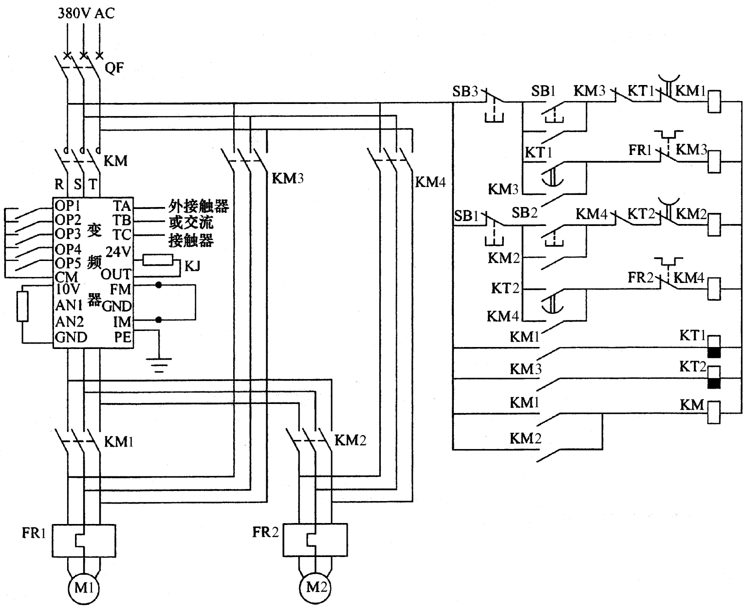


图 17-10　变频器一拖二启动电路

17-11　变频调速电动机正转控制电路（一）

该变频调速电动机正转控制电路如图 17-11 所示。

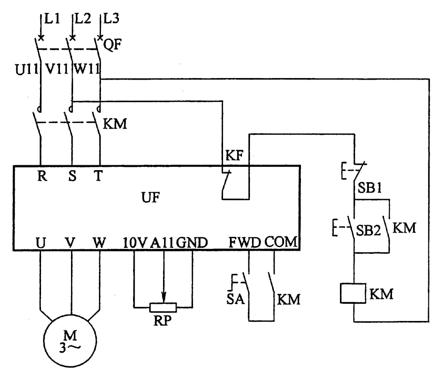


图 17-11　变频调速电动机正转控制电路（一）

1. 电路组成

该变频调速电动机正转控制电路由主电路和控制电路等组成。主电路包括断路器 QF、交流接触器 KM 的主触点、变频器内置的 AC/DC/AC 转换电路及三相交流电动机 M 等。控制电路包括控制按钮 SA、SB1、SB2，交流接触器 KM 的线圈和辅助触点及频率给定电路等。

2. 电路工作原理

在控制电路中，变频器的过热保护触点用 KF 表示。10V 电压由变频器 UF 提供，RP 为频率给定信号电位器，频率给定信号通过调节其滑动触点得到。

合上电源开关 QF，电路输入端得电进入备用状态。按下控制按钮 SB2 后，电流依次经过 V11→KF→SB1→SB2→KM 线圈→W11，接触器的线圈得电吸合，它的一组常开触点闭合自锁，另一组常开触点也闭合，为 SA 按钮操作做好准备。同时，接触器主触点闭合，变频器进入热备用状态。

操作旋转开关 SA，变频器启动运行，电动机工作在变频调速状态。变频器可按厂方设定的参数值运行，也可按用户给定的参数条件运行。

3. 注意事项

（1）变频器的接线必须严格按产品上标注的符号对号入座，R、S、T 是变频器的电源线输入端，接电源线，U、V、W 是变频器的输出端，接交流电动机。一旦将电源进线误接到 U、V、W 端上，将电动机误接到 R、S、T 端上，必将引起相间短路而烧坏变频器。

（2）变频器有一个接地端，用户应将这个端子与地相接。如果多台变频器一起使用，则每台设备必须分别与地相接，不得串联后再与地相接。

（3）模拟量的控制线所用的屏蔽线，应接到变频器的公共端（COM），但不要接到变频器的接地端或地。

（4）控制线不要与主电路的导线交叉，无法回避时可采取垂直交叉方式布线。控制线与主电路导线的间距应大于 100mm。

17-12　变频调速电动机正转控制电路（二）

变频调速电动机正转控制电路如图 17-12 所示。

（1）电路组成

该变频调速电动机正转控制电路由主电路和控制电路等组成。主电路包括断路器 QF、交流接触器 KM 的主触点、变频器内置的 AC/DC/AC 转换电路及三相交流电动机 M 等组成。控制电路包括控制按钮 SB1～SB4、中间继电器 KA、交流接触器的线圈和辅助触点及频率给定电路等。

（2）电路工作原理

在控制电路中，变频器的过热保护触点用 KF 表示，10V 电压由变频器提供，RP 为频率给定信号电位器，频率给定信号通过调节其滑动触点得到。

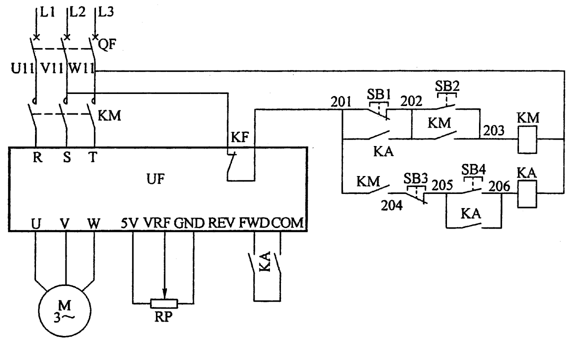


图 17-12　变频调速电动机正转控制电路（二）

控制电路中的接触器与中间继电器之间有联锁关系：一方面，只有在接触器 KM 动作使变频器接通电源后，中间继电器 KA 才能动作；另一方面，只有在中间继电器 KA 断开，电动机减速并停机时，接触器 KM 才能断开变频器的电源。

图中 SB1、SB2 用于控制接触器 KM 的线圈，从而控制变频器的电源通断。按钮 SB4、SB3 用于控制继电器 KA，从而控制电动机的启动和停止。当电动机工作过程中出现异常而使触点 KF 断开时，KM、KA 线圈失电，电动机停止运行。

合上电源开关 QF，控制电路得电。按下启动按钮 SB2 后，电流依次经过 V11→KF→SB1→SB2→KM 线圈→W11，KM 线圈得电动作并自锁；KM 的触点（201 - 204）闭合，为中间继电器运行做好准备；KM 主触点闭合，主电路进入热备用状态。

按下开关 SB4 后，电流依次经过 V11→KF→KM 的触点（201 - 204）→SB3→SB4→KA 线圈→W11，KA 线圈得电动作，其触点（205 - 206）闭合自锁；KA 的触点（201 - 202）闭合，防止操作 SB1 时断电；KA 的触点（FWD - COM）闭合，变频器内置的 AC/DC/AC 电路工作，电动机 M 得电运行。

停机时，按下 SB3 开关，中间继电器 KA 的线圈失电复位，KA 的触点（FWD - COM）断开，变频器内置的 AC/DC/AC 电路停止工作，电动机 M 失电停机。同时，KA 的触点（201 - 202）解锁，为 KM 线圈停止工作做好准备。

如果设备暂停使用，就按下开关 SB1，KM 线圈失电复位，其主触点断开，变频器的 R、S、T 端脱离电源。如果设备长时间不用，应断开电源开关 QF。

17-13　变频调速电动机正反转控制电路

变频调速电动机正反转控制电路如图 17-13 所示。

1. 电路组成

该变频调速电动机正反转控制电路由以下两部分组成：负载工作主电路和控制电路。负载工作主电路包括电源开关 QF、交流接触器 KM 的主触点、变频器内置的 AC/DC/AC 转换电路及笼形三相异步交流电动机 M 等。控制电路包括变频器内置的辅助电路、控制按钮 SB2、停止按钮 SB1、交流接触器 KM 的线圈及选择开关 SA 等。

2. 电路工作原理

合上电源开关 QF，控制电路得电。按下按钮 SB2 后，交流接触器 KM 的线圈得电吸合并自锁，其主触点闭合，SA 端与 COM 端之间的辅助触点接通，为变频器工作做好准备。操作选择开关 SA，当 SA 接通 FWD 端时，电动机正转；当 SA 接通 REV 端时，电动机反转。需要停机时，使 SA 开关位于断开位置，变频器首先停止工作，再按下 SB1 按钮，交流接触器 KM 的线圈失电复位，其主触点断开三相交流电源。

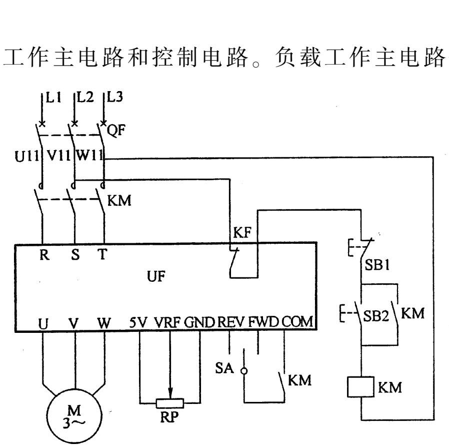


图 17-13　变频调速电动机正反转控制电路

17-14 无反转控制功能变频器实现电动机正反转控制电路

无反转控制功能变频器实现电动机正反转控制电路如图17-14所示。

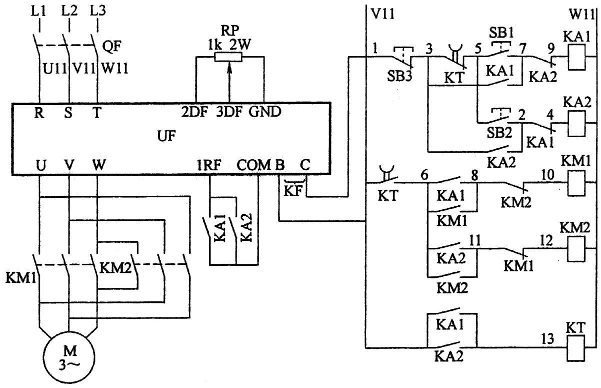


图17-14 无反转控制功能变频器实现电动机正反转控制电路

1. 电路组成

无反转控制功能变频器实现电动机正反转控制电路由以下两部分组成：一是以电动机为负载的主电路；二是以交流接触器和中间继电器等为主的控制电路。主电路包括电源开关QF，变频器内置的AC/DC/AC转换电路，交流接触器KM1、KM2的主触点及三相交流异步电动机M等。控制电路包括启动按钮SB1、SB2，停止按钮SB3，交流接触器KM1、KM2的线圈和辅助触点，中间继电器KA1、KA2，时间继电器KT及频率给定电位器RP等。

2. 电路工作原理

（1）电动机正转

合上电源开关QF，按下SB1，电流依次经过V11→KF的触点（B－C）→SB3→KT的触点（3－5）→SB1→KA2的触点（7－9）→KA1线圈→W11。KA1线圈得电后动作，其触点（3－7）闭合并自锁；KA1的触点（IRF－COM）闭合，变频器内置电路开通，并将变频电源送达变频器的输出端（U、V、W）；KA1的触点（2－4）断开，禁止KA2线圈工作；KA1的触点（6－8）闭合，为KM1接触器投入运行做好准备；KA1的触点（V11－13）闭合，时间继电器KT的线圈得电动作。这时时间继电器的触点（3－5）瞬时断开，防止SB2被误操作；时间继电器的触点（V11－6）瞬时闭合，电流依次经过V11→KT的触点（V11－6）→KA1的触点（6－8）→KM2的触点（8－10）→KM1线圈→W11。KM1线圈得电后动作，其触点（6－8）闭合自锁；KM1的触点（11－12）断开，禁止KM2线圈工作；KM1的主触点闭合，电动机获得正相序电源而正向旋转。

（2）电动机反转

需要电动机反转时，首先按下停止按钮SB3，KA1线圈失电复位，时间继电器KT的线圈也失电复位。

按下反向启动按钮SB2后，电流依次经过V11→KF的触点（B－C）→SB3→KT的触点（3－5）→SB2→KA1的触点（2－4）→KA2线圈→W11。KA2的线圈得电后动作，其触点（3－2）闭合自锁；KA2的触点（7－9）断开，禁止KA1线圈工作；KA2的触点（IRF－COM）闭合，变频器内置电路开通，将变频电源送达U、V、W端；KA2的触点（6－11）闭合，为KM2接触器线圈投入运行做好准备；KA2的触点（V11－13）闭合，时间继电器KT的线圈得电动作。时间继电器KT的触点（3－5）瞬时断开，防止SB1被误操作；KT的触点（V11－6）瞬时闭合，电流依次经过V11→KT的触点（V11－6）→KA2的触点（6－11）→KM1的触点（11－12）→KM2线圈→W11。KM2的线圈得电后动作，其触点（6－11）闭合自锁；KM2的触点（8－10）断开，禁止KM1线圈工作；KM2的主触点闭合，电动机M获得反相序电源而反向旋转。

17-15 通用变频器减速强制动电路

为了提高减速时的制动能力，变频器采用FR—BU制动单元和制动电阻FR—BR—（H），电路如图17-15所示。

连接时，应使变频器端子P、N与FR—BU制动单元的端子的标志相同，否则会损坏变频器。对于7.5kW以下型号的，需拆下端子PR、PX间的短路片。变频器、制动单元、制动电阻之间的布线距离应在5m以内。如果使用双绞线，则可设定在10m以内。如果制动单元内的晶体管被破坏（短路），电阻将非常热，有导致起火

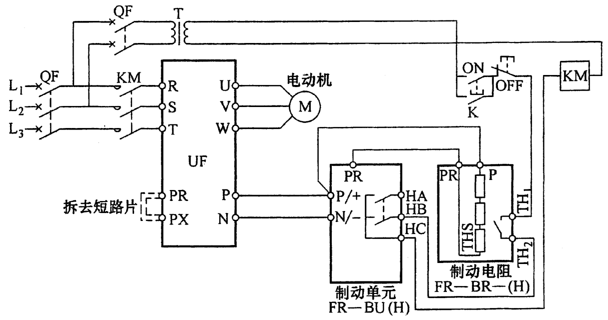
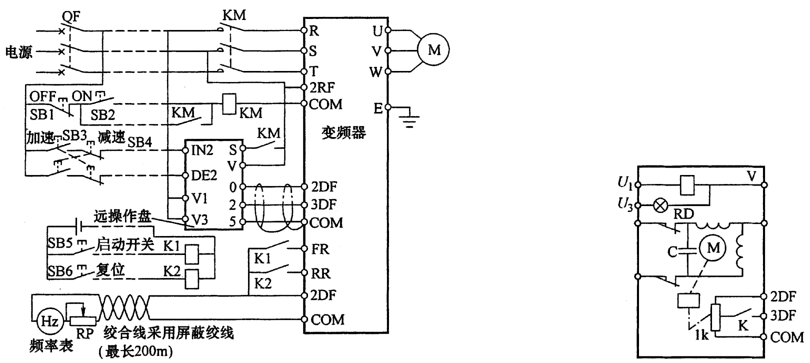


图 17-15　通用变频器减速强制动电路

的可能，因此，在变频器的电源侧安装交流接触器，以便故障时迅速切断电源。如果电源为 400V 级（380V），则须加装变压器 T。

17-16　远距离控制电路

当变频器与操作地点的距离很远时，信号电缆长，由于频率给定信号回路电压低，电流微弱，非常容易受到感应干扰。远距离控制要选用专用选用件（远操作盘），选用件的内部接线图如图 17-16（b）所示。



（a）电路图　　　（b）远操作盘内部接线图

图 17-16　远距离控制电路

选用件设置在变频器附近，按钮、启动开关等设置在操作地点，可以进行远距离操作。频率给定可由小型电动机控制，这样可并联多个控制点，达到多点控制。配线时，注意信号电缆与动力电缆要分开。

17-17　风机变频调速控制电路

风机变频调速控制电路如图 17-17 所示。

1. 电路组成

风机变频调速控制电路由四部分组成，即主电路、电源控制电路、变频器运行控制电路及报警信号电路等。主电路包括电源开关 QF、交流接触器 KM 的主触点、变频器内置的 AC/DC/AC 转换电路及三相交流异步电动机 M 等。电源控制电路包括控制按钮 SB1、SB2，交流接触器 KM 的线圈及电源信号指示灯 HL1 等。变频器运行控制电路包括正转按钮 SB7、停止按钮 SB6、继电器 KA、信号指示灯 HL2、复位按钮 SB5 及变速按钮 SB3、SB4 等。报警信号电路包括变频器内置的常开触点 KF、信号指示灯 HL3 及蜂鸣器 HA 等。图中“Hz”是频率指示仪表。

2. 电路工作原理

合上电源开关 QF 后，控制电路得电，进入热备用状态。

按下开关 SB2 后，电流依次经过 V11→SB1→SB2→KM 线圈→KF→W11，KM 线圈得电吸合并自锁，信号指示灯 HL1 点亮，接触器主触点闭合，交流电压送达变频器的 R、S、T 输入端，同时，接触器的辅助触点（2－4）闭合，为继电器 KA 投入运行做好准备。

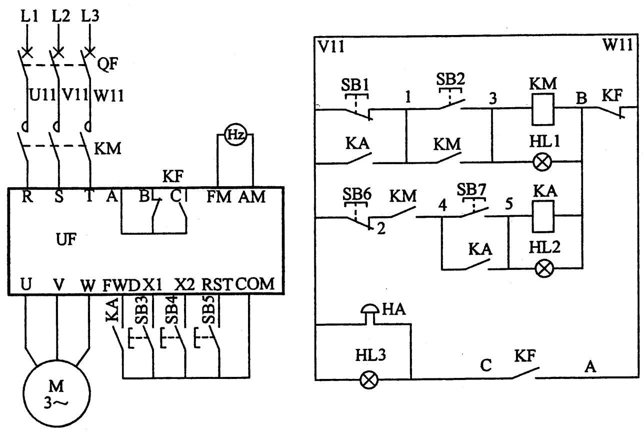


图 17-17　风机变频调速控制电路

按下 SB7 按钮后，电流依次经过 V11→SB6→KM 的触点（2-4）→SB7 的触点（45）→KA 线圈→KF→W11，继电器 KA 的线圈得电吸合并自锁，信号指示灯 HL2 点亮，变频器上的 FWD 端与 COM 端接通，变频器内置的 AC/DC/AC 转换电路正常工作，变频电源送达 U、V、W 端，电动机得电运行。与此同时，继电器 KA 的触点（V11-1）闭合，SB1 按钮被封锁，从而防止变频器运行中主电路工作电源被随意切断。需要提速时，按下 SB3 按钮，需要降速时，按下 SB4 按钮。

如果运行中电动机出现过载等故障，KF 将发出故障信号，其触点（A-B）断开，继电器 KA 的线圈与接触器 KM 的线圈同时失电，交流电源将停止对变频器和电动机供电，系统停止工作。与此同时，KF 的触点（C-A）闭合，信号指示灯 HL3 点亮，蜂鸣器 HA 发出警报声。

正常工作中需要停机时，首先按下 SB6 按钮，继电器 KA 的线圈失电复位，信号指示灯 HL2 熄灭，变频器内置电路停止工作，KA 的触点（V11-1）释放，恢复 SB1 开关的功能。

如果长时间不使用设备，可按下 SB1 按钮，接触器 KM 的线圈失电复位，信号指示灯 HL1 熄灭，接触器 KM 的主触点断开三相交流电源。

3. 应用说明

图中与按钮 SB2 并联的交流接触器 KM 的触点（1-3）为接触器 KM 的自锁触点，当按钮 SB2 复位时，它可以保持 KM 线圈继续得电工作。与按钮 SB7 并联的 KA 的触点（4-5）为继电器 KA 的自锁触点，当按钮 SB7 复位时，它可以保持 KA 线圈继续得电工作。

变频器的升速时间可预置为 30s，降速时间可预置为 60s，上限频率可预置为额定频率，下限频率可预置为 20Hz 以上，X11 功能预置为“10”，X2 功能预置为“11”，或按设备使用说明书进行预置。

变频器工作频率的给定方式有数字量增减给定、电位器调节给定及程序预置给定等多种。不同型号的变频器，其工作频率的给定方式有所不同，使用中可根据变频器的具体条件酌情给定。

17-18　一台变频器控制多台并联电动机电路

一台变频器控制多台并联电动机电路如图 17-18 所示。

1. 电路组成

一台变频器控制多台并联电动机电路由主电路和控制电路等组成。主电路包括电源开关 QF、交流接触器 KM 的主触点、变频器内置的 AC/DC/AC 转换电路、热继电器 FR1～FR3 及三相交流电动机 M1～M3 等。控制电路包括按钮 SB1～SB5、交流接触器 KM 的线圈及继电器 KA1、KA2 等。

2. 电路工作原理

合上电源开关 QF 后，控制电路得电。

按下开关 SB2 后，交流电流依次经过 V11→SB1→SB2→FR1 的触点（2-3）→FR2 的触点（3-4）→FR3 的触点（4-5）→KM 线圈→W11，KM 线圈得电吸合并自锁，其触点（6-7）闭合，为 KA1 或 KA2 继电器工作做好准备。接触器 KM 的主触点闭合，三相交流电压送达变频器的输入端 R、S、T。

按下按钮 SB4 后，交流电流依次经过 V11→SB3→KM 的触点（6-7）→SB4→KA2 的触点（8-9）→KA1 线圈→W11，KA1 线圈得电吸合并自锁；KA1 的常闭触点（10-11）断开，禁止继电器 KA2 参与工作；继电器

KA1 的常开触点（V11－1）闭合，封锁 SB1 按钮的停机功能；变频器上的 KA1 触点（FWD－COM）闭合，变频器内置的 AC/DC/AC 转换器工作，从 U、V、W 端输出正相序三相交流电，电动机 M1～M3 同时正向启动运行。

当电动机需要反向运行时，先按下按钮 SB3，于是继电器 KA1 的线圈失电复位，变频器处于热备用状态。

按下按钮 SB5，交流电流依次经过 V11→SB3→KM 的触点（6－7）→SB5→KA1 的触点（10－11）→KA2 线圈→W11，继电器 KA2 的线圈得电吸合并自锁；KA2 的常闭触点（8－9）断开，禁止继电器 KA1 的线圈参与工作；KA2 的常开触点（V11－1）闭合，使 SB1 按钮暂时退出；变频器上的 KA2 触点（REV－COM）闭合，变频器内置的 AC/DC/AC 转换电路工作，从 U、V、W 接线端输出逆相序三相交流电，电动机 M1～M3 同时反向启动运行。

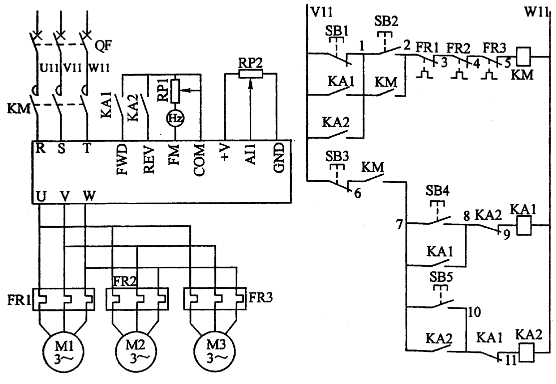


图 17-18　一台变频器控制多台并联电动机电路

如果需要让电动机正向运行，同样必须先按下按钮 SB3，于是 KA2 线圈失电复位，变频器重新处于热备用状态。

如果需要长时间停机，可按下按钮 SB1，接触器 KM 的线圈失电复位，其主触点断开三相交流电源，然后关断电源开关 QF。

17-19　多台电动机变频调速恒压供水电路

多台电动机变频调速恒压供水电路如图 17-19 所示。

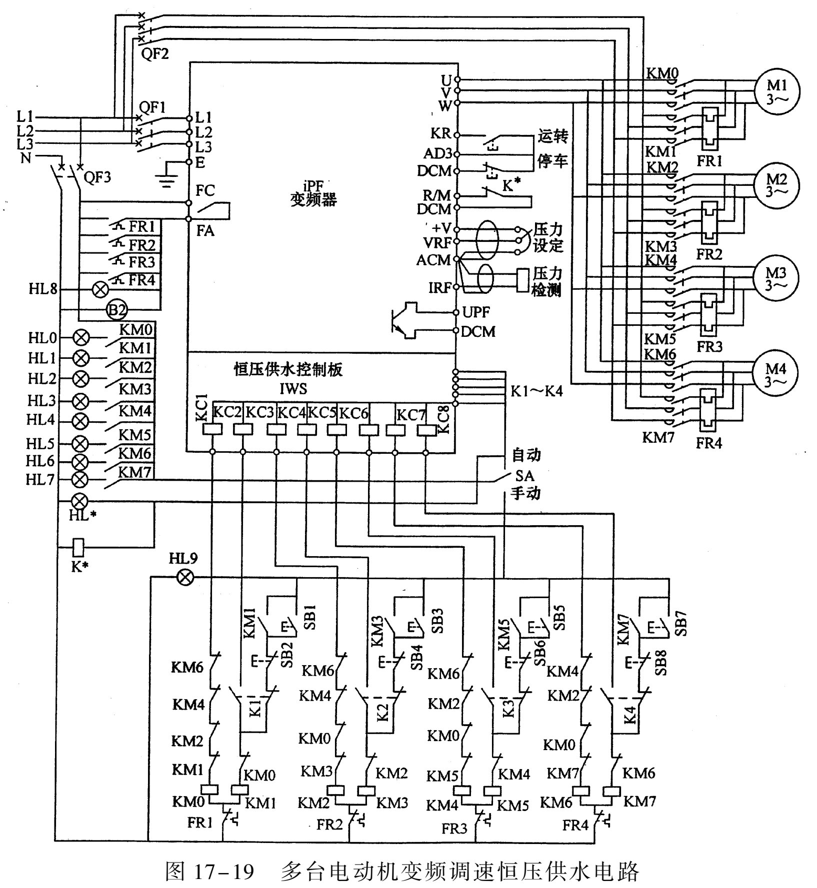


图 17-19　多台电动机变频调速恒压供水电路

1. 电路构成

多台电动机变频调速恒压供水电路由主电路、控制电路和信号指示电路等组成。

主电路包括电源开关 QF1、QF2，变频器内置的 AC/DC/AC 转换电路，交流接触器 KM0、KM2、KM4、KM6 的主触点，KM1、KM3、KM5、KM7 的主触点，热继电器 FR1～FR4 的元件及三相交流电动机 M1～M4 等。

控制电路包括恒压供水控制板（内含 KC1～KC8）、交流接触器 KM0～KM7 的线圈和辅助触点、热继电器 FR1～FR4 的触点、中间继电器 K1～K4（由于它们的技术参数和接法相同，图中采用了 K* 省略表示法）、变频器的导通与截止按钮（运转、停车）及其外围配置（如压力设定、压力检测等器件）。

信号指示电路包括 HL0～HL9 及 HL01～HL04（由于它们的技术参数和接法相同，图中采用了 HL* 省略表示法）。HL9 点亮，表示电路处于手动工作状态；HL* 点亮，表示电动机处于自动工况下的工频运行状态。HL0～HL7 反映电动机是否在运行，如果电动机 M3 在运行，则 HL4 或 HL5 被点亮；HL8 点亮表示有电动机过载。

2. 电路工作原理

该系统选用 iPF 系列变频器，配置四台 7.5kW 的离心式水泵。该变频器内置 PID 调节器，具有恒压供水控制扩展口，只要装上恒压供水控制板（IWS），就可以直接控制多个电磁接触器，实现功能强大且成本较低的恒压供水控制。该系统可以选择变频泵循环（自动）和变频固定（手动）两种控制方式。变频循环方式最多可以控制四台泵，系统以“先开先关”的顺序来关闭水泵。

（1）手动工作方式

当开关 SA 位于“手动”挡位时，按钮 SB1、SB3、SB5、SB7 各支路进入热备用状态。只要按下其中任意一只按钮，被操作支路中的线圈将得电动作，与其相关的接触器主触点将闭合，电动机按工频方式运行。例如，若要让 M1 电动机按工频方式运行，则按下 SB1，电流依次经过 L1→QF3→SA→SB1→SB2→K1 触点→KM0 触点→KM1 线圈→FR1 触点→QF3→N，KM1 线圈得电动作，其动合触点接通自锁，动断触点断开，禁止 KM0 线圈工作。这时，KM1 主触点闭合，电动机 M1 投入运行。需要停机时，按下按钮 SB2，KM1 线圈失电复位，电动机停止工作。

（2）自动工作方式

合上 QF1，使变频器接通电源，按下“运转”按钮，将开关 SA 选择“自动”挡，中间继电器 K1 动作，做好 KC2 输出继电器支路投入工作的准备；恒压供水控制板 IWS 的输出继电器 KC1 接通，KM0 线圈得电，其四个动断触点打开，禁止手动控制的 KM0 线圈和自动控制的 KM2、KM4、KM6 各线圈支路投入运行；KM0 的主触点闭合，启动电动机 M1 按给定的压力在上、下限频率之间运转。如果电动机 M1 达到满速后，经上限频率持续时间 t_h 后压力仍达不到设定值，则 IWS 的 KC1 断开，KC2 接通，K1 闭合，KM1 线圈得电，将电动机 M1 由变频电源切换至工频电源运行。IWS 的 KC3 接通，KM2 线圈得电，断开 KM0 线圈支路的动断触点，禁止 KM0 线圈参与工作；断开 KM3、KM4、KM6 各线圈支路，禁止它们参与工作；KM2 的主触点闭合，启动电动机 M2 泵水，依此类推。当用水量减小时，变频器运行于下限频率。如果压力仍高于设定值，则经下限频率持续时间 t_l 后，IWS 的 KC2 动作，将最先投入工频运行方式的电动机 M1 停下。依此类推，直至变频器拖动最后投入的电动机在上、下限频率之间运转。

（3）自锁、互锁及防锈保护

电路中采用了四个自锁触点 KM1、KM3、KM5、KM7，它们分别与 SB1、SB3、SB5、SB7 并联。每一路变频自动控制接触器（KM0、KM2、KM4、KM6）都设有四个互锁触点，保证只有一台电动机在变频器控制下工作。电路中采用了四只中间继电器 K1～K4，通过它们完成由变频到工频的自动切换。

此电路保证最先启动的电动机最先停止，设备依次循环启动、停止，不会出现某台设备长期工作而其他设备闲置锈死的现象，而且所有的电动机均可以通过变频器软启动，减少了电动机启动时对电网的冲击。

系统的压力可以用电位器设定，整个压力闭环控制可全部由系统软件实现，变频器的大多数参数可以在线修改。当变频器出现故障报警时，系统能自动切换到工频运行状态，避免断水。

17-20　PLC 控制变频调速电动机正转电路

变频调速电动机正转控制电路可使用 PLC 来实现，如图 17-20 所示。

1. 电路构成

PLC 控制变频调速电动机正转电路由主电路和控制电路两部分组成。主电路包括电源开关 QF、交流接触器 KM 的主触点、变频器内置的 AC/DC/AC 转换电路及三相交流电动机 M 等。控制电路包括 PLC、控制按钮 SB1～SB3、SA1、SA2、交流接触器 KM 的线圈及信号指示灯 HL1～HL3 等。

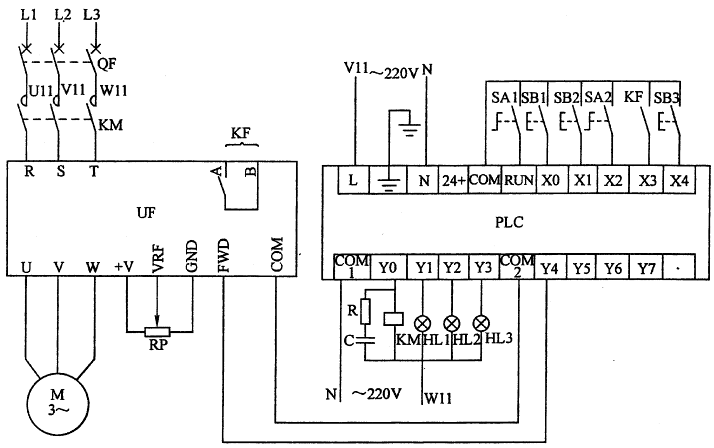


图 17-20　PLC 控制变频调速电动机正转电路

2. 电路工作原理

（1）启动过程

合上 SA1，按下启动开关 SB1，X0 动作，Y0 动作并自锁，接触器 KM 动作，变频器输入端 R、S、T 得电。Y0 的"辅助"触点闭合，Y1 动作，HL1 点亮，Y0 的另一个"辅助"触点也闭合。合上 SA2，X2 动作，Y2 也动作，HL2 点亮。与此同时，Y4 动作，变频器的 FWD 端与 COM 端接通，电动机正向运动。

（2）停机过程

断开 SA2，按下停止开关 SB2，X1 动作，Y0 动作，接触器 KM 释放，变频器输入端失电，电动机停止运行。如果开关 SA2 接通，则说明变频器在工作，不能断电。

（3）过载保护

如果在电动机运行过程中变频器保护动作，则 X3 得到信号并动作，Y0 复位，接触器 KM 的线圈失电复位，变频器断电，HL3 点亮发出报警。处理后按下 SB3，变频器复位。

17-21　PLC 控制变频调速卷扬电动机电路

PLC 控制变频调速卷扬电动机电路如图 17-21 所示。

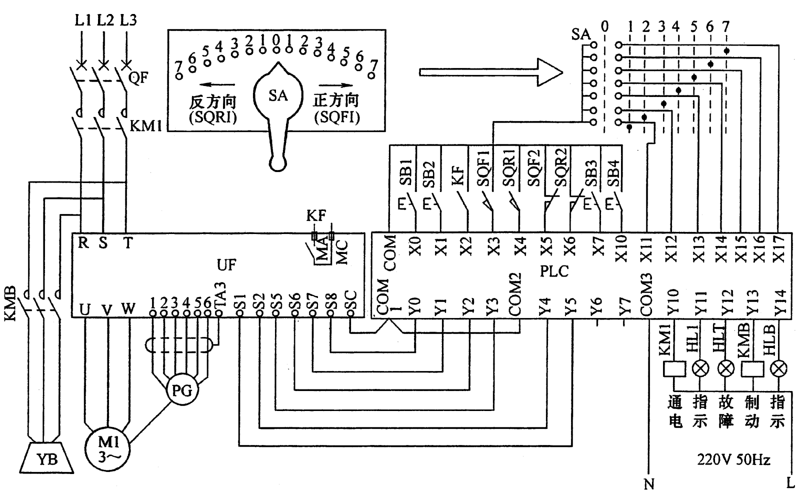


图 17-21　PLC 控制变频调速卷扬电动机电路

1. 电路构成

PLC 控制变频调速卷扬电动机电路由主电路和控制电路两部分组成。主电路包括电源开关 QF、交流接触器 KM1 和 KMB 的主触点、变频器内置的 AC/DC/AC 转换电路及电磁制动器 YB 等。控制电路包括可编程控制器 PLC，选择开关 SC，按钮 SB1、SB2，上升按钮 SB3，下降按钮 SB4，位置开关 SQF1、SQF2、SQR1、SQR2，接触器 KM1、KMB 的线圈，指示灯 HL1、HLT、HLB 及变频器内置的辅助电路等。

2. 元器件功能

图 17-21 中变频器电源的通断由按钮 SB1 和 SB2 通过接触器 KM1 来控制，电动机的正、反转及停止通过可编程控制器控制变频器的输入端子 S1、S2 来实现。PLC 的输出端 Y0～Y3 分别与变频器的 S8～S5 连接，完成 PLC 输出信号对变频器 UF 的控制。YB 是制动电磁铁，由接触器 KMB 控制。KMB 的动作则根据卷扬电动机启动或停止过程中的需要来控制。SA 是手柄操作开关，正转时操作 SA 指向右边（共 7 挡），反转时操作 SA 指向左边（共 7 挡）。正转位置开关 SQF1 动作，反转位置开关 SQR1 动作。SQF2 是吊钩上升时的限位保护开关。按钮 SB3 和 SB4 是正、反两个方向的点动按钮。PG 是速度反馈用的旋转编码器，用于反馈矢量控制。

17-22　PLC 两台电动机顺序启动电路

PLC 两台电动机顺序启动电路见图 17-22：按下 SB1，内部继电器 Y0 得电吸合并自锁，电动机 M1 启动，同时时间继电器 T 得电，延时 10s 后，其动合触点闭合，此时方可启动电动机 M2，实现两台电动机的顺序启动控制。

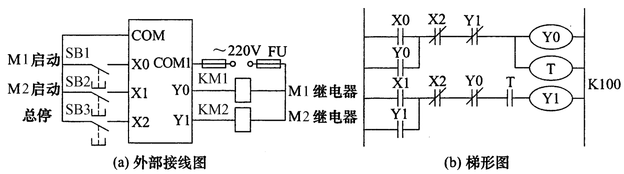


图 17-22　PLC 两台电动机顺序启动电路

17-23　PLC 小车自动往返电路

PLC 小车自动往返电路见图 17-23：将限位开关的动合触点串联在反向控制电路中，这样在小车碰触限位开关时，除了断开自身控制电路外，还要启动反向控制电路。

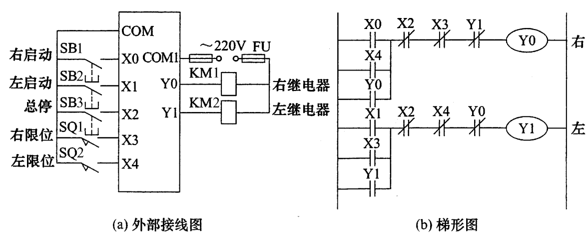


图 17-23　PLC 小车自动往返电路

17-24　PLC 控制的变频器正反转电路

PLC 控制的变频器正反转电路见图 17-24：SB1 为电动机总停开关，SB2 为变频器投入开关，SB3 为变频器

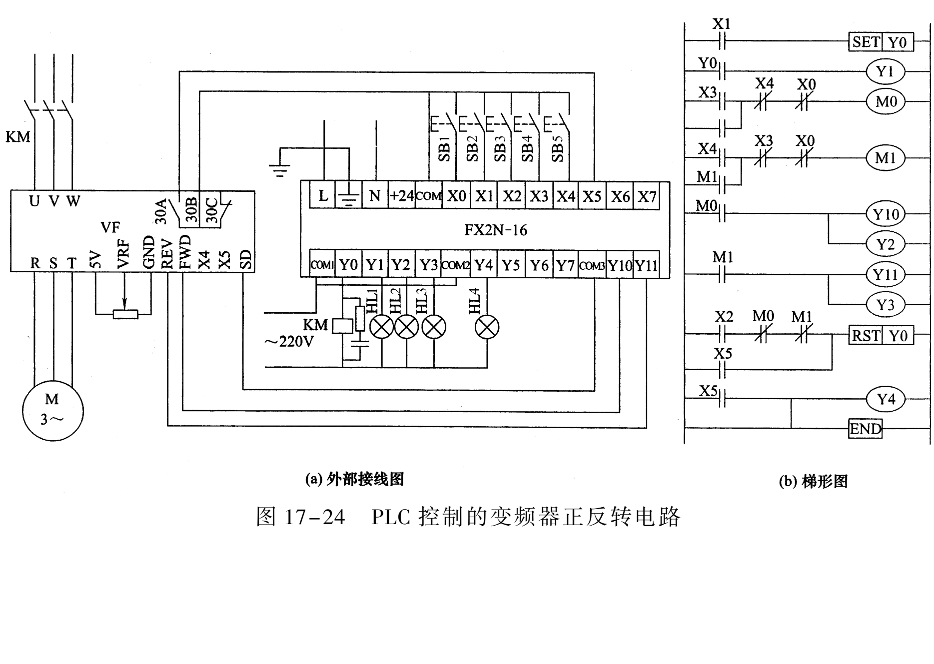
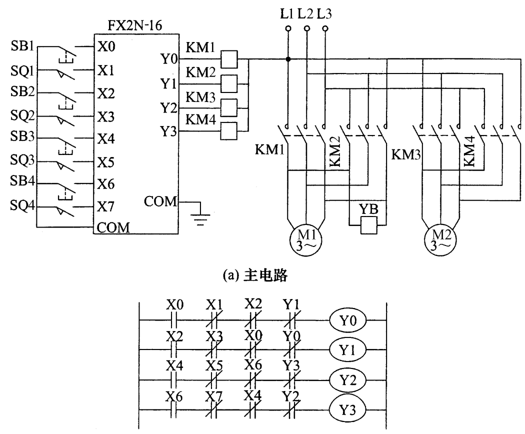


图 17-24　PLC 控制的变频器正反转电路

退出开关，SB4 为电动机正转开关，SB5 为电动机反转开关。HL1 为电源指示灯，HL2 电动机正转指示灯，HL3 为电动机反转指示灯，HL4 为故障跳闸指示灯。

17-25　PLC 控制电葫芦电路

PLC 控制电葫芦电路见图 17-25：电葫芦是由两台正反转控制的电动机组成的，KM1、KM2 点动控制重物的上升与下降，SQ1、SQ2 为电葫芦 PLC 控制电路上下限位。KM3、KM4 控制重物左右行走，SQ3、SQ4 为左右限位。



(a) 主电路

(b) 梯形图

图 17-25　PLC 控制电葫芦电路

17-26　PLC 与变频器恒压供水电路

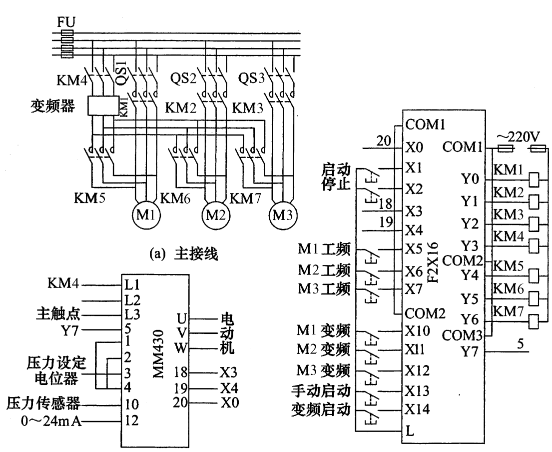
PLC 与变频器恒压供水电路见图 17-26。

（1）手动运行：先按下手动启动按钮，由操作人员根据传感器显示的数据决定三台电动机的运行方式，实现对管网压力的恒压控制。

（2）自动模式。

升压控制：系统开始工作时，供水管网水压为零，在控制系统作用下，变频器开始运行，M1 启动且转速逐渐升高，当管网压力达到设定值，即供水量与用水量平衡时，转速才稳定到某一定值，这期间 M1 处在调速运行状态，当用水量增加，变频器输出频率增加至工频时，水压仍低于设定值，由 PLC 控制 M1 切换至工频电网后，M2 投入变频并变速运行。M3 的投入与此相同。

降压控制：当用水量下降水压升高，M3 输出频率下降至启动频率时，水压仍高于设定值，M3 退出运行，M2 改为变频，直至剩下 M1 运行为止。



(a) 主接线

(b) 变频器接线

(c) PLC 接线

图 17-26　PLC 与变频器恒压供水电路

17-27 水泥搅拌机控制电路

水泥搅拌机控制电路见图 17-27：水泵为单向运转电动机，由 SB3 实现点动控制，料泵、搅拌泵为正反转电动机，其中 SQ1、SQ2 为上下限位。

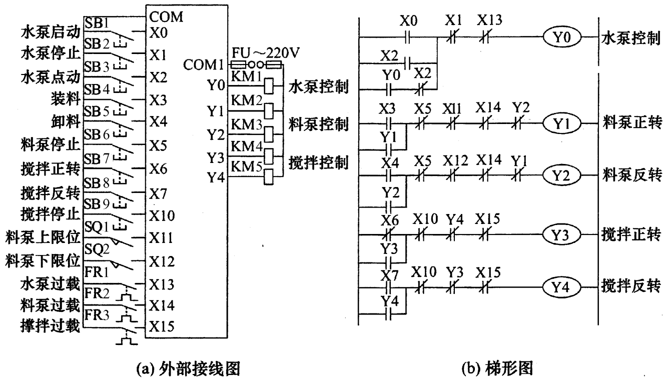


图 17-27 水泥搅拌机控制电路

第 18 章

电动机软启动电路

18-1 一台西普 STR 软启动器控制两台电动机电路

用一台软启动器控制两台电动机，并不是指同时开启两台电动机，而是开一台，另一台备用。

此例是电动机一开一备，这就需要在软启动器外另接一部控制电路（见图 18-1，也叫二次电路）。S 为切换开关，S 往上，则 KM1 动作，为启动电动机 M1 做准备，指示灯 EL1 亮，EL2 灭；S 往下则 KM1 不工作，KM2 工作，指示灯 EL2 亮，EL1 灭。一台西普 STR 软启动器控制两台电动机电路如图 18-1 所示。

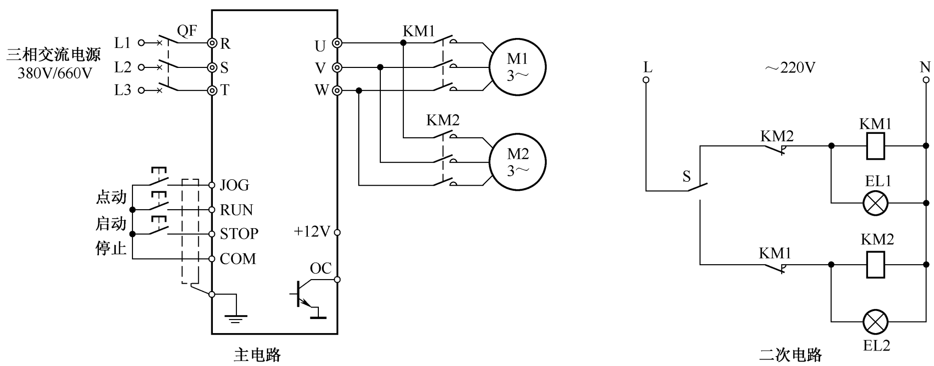


图 18-1 一台西普 STR 软启动器控制两台电动机电路

电动机工作之前，根据需要切换开关 S，然后在 STR 的操作键盘上按动 RUN 键启动电动机；按动 STOP 键则停止。JOG 是点动按钮，可根据需要自行设置安装。

18-2 一台西普 STR 软启动器启动两台电动机电路

一台西普 STR 软启动器启动两台电动机电路如图 18-2 所示。先操作二次电路，让 KM1 吸合，为启动 M1 做好准备，然后按下启动按钮 SB2。因为只有 KM1 吸合后 SB2 才有效，在 KM1 吸合后，旁路接触器 KM3 吸合。时间继电器 KT1 开始延时，延时结束后，KT1 常闭触点断开，切断 KM1。至此，由旁路接触器 KM3 为 M1 供电，而 STR 软启动器已退出运行状态。用上述同样方法，启动 M2。

按下二次电路中的 SB1、SB3，则 M1、M2 停止运行。

18-3 BCK 箔式绕组磁控式电动机软启动器电路

BCK 箔式绕组磁控式电动机软启动器是一种交流异步电动机软启动装置，可减轻电动机启动时对电网的冲击扰动，降低对电网容量的要求。它采用继电器、可编程控制器（PLC）或单片机控制系统，实现对异步电动机启动过程和运行方式的手动与自动集中和就地控制，具有低耗节能、适应重载启动等优点。BCK 箔式绕组磁控式电动机软启动器电路如图 18-3 所示。

BCK 箔式绕组磁控式电动机软启动器与电子式软启动器的主要区别在于：用无反馈箔式绕组磁放大器（也称可控电抗器）取代晶闸管作为主电路执行单元。它实现了磁电器件对磁电设备（电动机）的控制，使两者的抗过载能力处于同一水平，大幅度地提高了整机的可靠性和启动成功率；变晶闸管的斩波调压为磁控限幅调压，输出电压波形为正弦波，有效地抑制了电压波形畸变和高次谐波对电网的污染，而且大大简化了整机结构。此外，主电路与控制电路之间只有磁路的联系而无电路的直接联系，只要控制直流励磁的变化即可实现软启动功能。

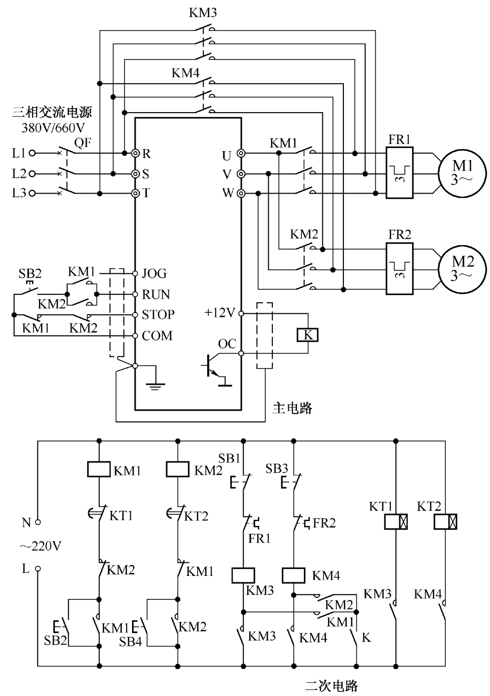


图 18-2　一台西普 STR 软启动器启动两台电动机电路

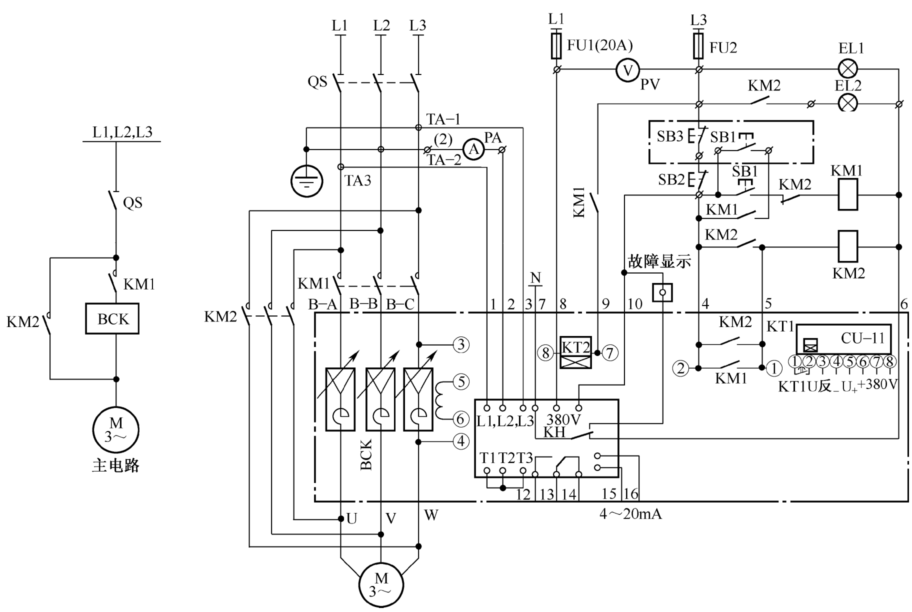


图 18-3　BCK 箝式绕组磁控式电动机软启动器电路

18-4　常熟 CR1 系列电动机软启动器带旁路接触器电路

CR1－30～CR1－450 电动机软启动器电路如图 18-4 所示。图中 QF 为断路器；FU1 为快速熔断器；KM1、KM2 为交流接触器，其中 KM2 为旁路接触器；SB1 为启动按钮，SB2 为软停按钮，SB3 为电动机急停按钮，SB4 为控制电源复位按钮；EL1 为电源指示灯，EL2 为旁路指示灯，EL3 为故障指示灯。

当合上断路器 QF，EL1 点亮，表明电源接通。按动 SB1，KM1 闭合，软启动器工作，电动机 M 软启动，转速逐渐上升。当 M 转速到达额定值时，KM2 自动闭合，将软启动器内部的主电路（晶闸管）短路，从而使晶闸管等不致长期工作而发热损坏。工作完毕，按动 SB2 使 KM2 关断，软启动器实现 M 软停车（逐渐减速）。若电路或 M 发生事故，按动 SB3，M 则紧急停止运转。在事故停止时，EL3 点亮；M 运转时 EL2 点亮。

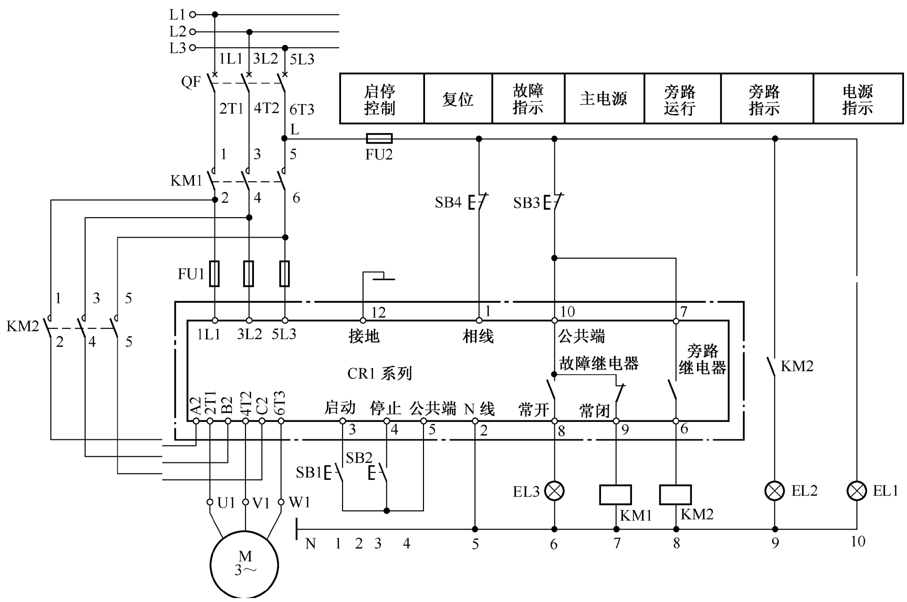


图 18-4　常熟 CR1 系列电动机软启动器带旁路接触器电路

18-5　雷诺尔 JJR5000 系列智能型软启动器电路

JJR5000 系列智能型软启动器电路如图 18-5 所示。JJR5000 系列智能型软启动器有以下特点。

（1）JJR5000 系列智能型软启动器适用于交流 380V（50Hz）、5.5～600kW 各种负载的笼形电动机。

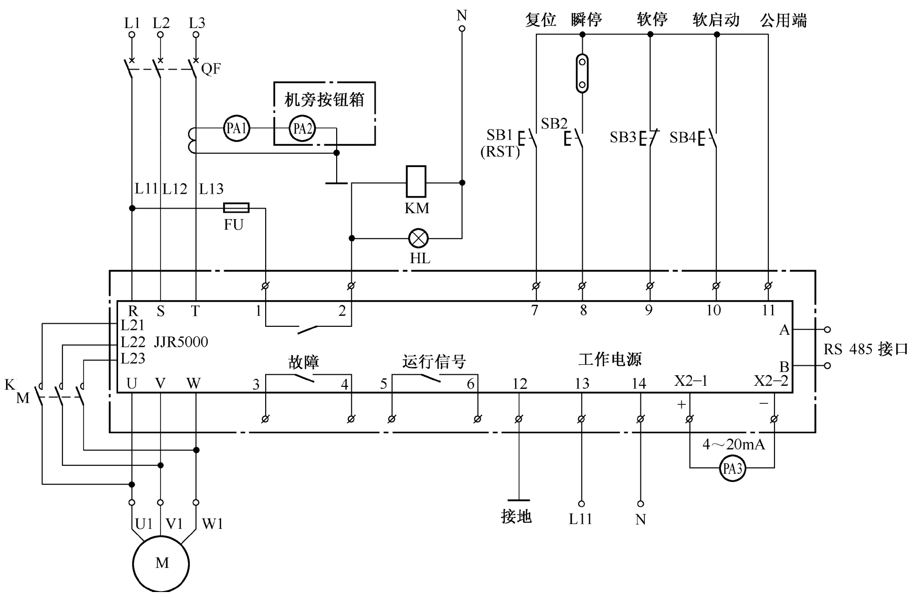


图 18-5　雷诺尔 JJR5000 系列智能型软启动器电路

（2）三种启动方式：电压斜坡启动方式可得到最大的输出转矩，恒流软启动方式可得到最大的限制启动电流，重载启动方式可输出最大启动转矩。

（3）停止方式包括电压斜坡软停止方式及自由停止方式。

（4）具有可编程延时启动方式、可编程连锁控制及可编程故障接点输出功能。

（5）对输入电源无相序要求。

（6）启动时间、停止时间均可编程修改。

（7）具有多种保护功能，对过电流、三相电流不平衡、过热、缺相、电动机过载等进行保护。

第 19 章

工矿企业常用机床电气控制电路

19-1 C620 型车床电气控制电路

C620 型车床是普通车床的一种。它有主电路、控制电路和照明电路三部分，如图 19-1 所示。主电路共有两台电动机，其中 M1 是主轴电动机，拖动主轴旋转和刀架做进给运动。由于主轴是通过摩擦离合器实现正反转的，所以主轴电动机不要求有正反转功能。主轴电动机 M1 是用按钮和接触器控制的。M2 是冷却泵电动机，直接用转换开关 QS2 控制。

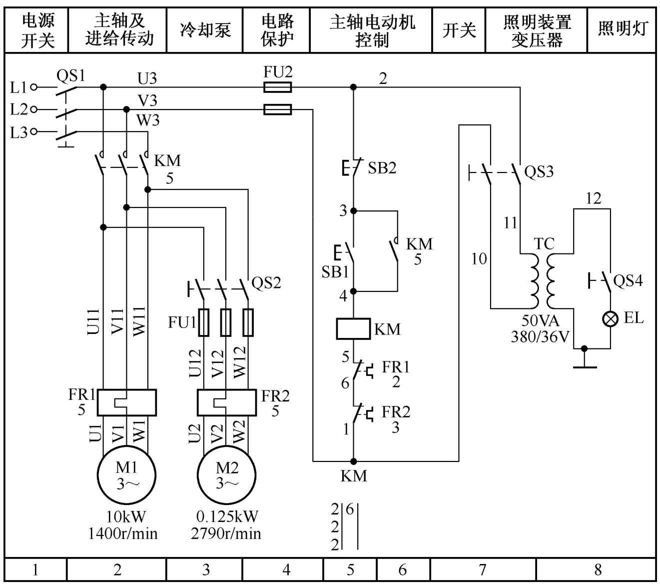


图 19-1 C620 型车床电气控制电路

当合上转换开关 QS1 时，按下启动按钮 SB1，接触器 KM 线圈获电动作，其主触点和自锁触点闭合，电动机 M1 启动运转。需要停止时，按下停止按钮 SB2，接触器 KM 线圈断电释放，电动机停转。

当 M1 接通电源旋转后，合上转换开关 QS2，冷却泵电动机 M2 即启动运转。M2 与 M1 是联动的。

照明电路由一台 380/36V 变压器供给 36V 安全电压，使用时合上开关 QS3、QS4 即可。

19-2 CW6163B 型车床电气控制电路

CW6163B 型车床电气控制电路由主电路和控制电路两部分组成。主电路包括三相 380V 交流电源开关 QF，交流接触器 KM1～KM3 的主触点，热继电器 FR1、FR2 的元件，JO2-52-4 型/10kW 主轴电动机 M1，WJ12-4 型/1.1kW 快速进给电动机 M3 和 AOB-25 型/90W 冷却泵电动机 M2 等。控制电路包括控制变压器 TC，旋钮开关 SA、SB1～SB7，交流接触器 KM1～KM3 的线圈、信号指示灯 EL1 和 EL2，以及照明灯 EL 等。CW6163B 型车床电气控制电路如图 19-2 所示。

图 19-2 中 FU 为熔断器，主要起到电源与部分设备电路的隔离保护作用。主轴电动机的短路保护是由自动空气断路器 QF 的电磁脱扣器来实现的。进给电动机 M3 和冷却泵电动机 M2 的短路保护是由熔断器 FU1 来实现的。M3 没有热继电器作过载保护，主轴电动机 M1 主回路中的交流电流表用来监视 M1 工作时的电流状态。

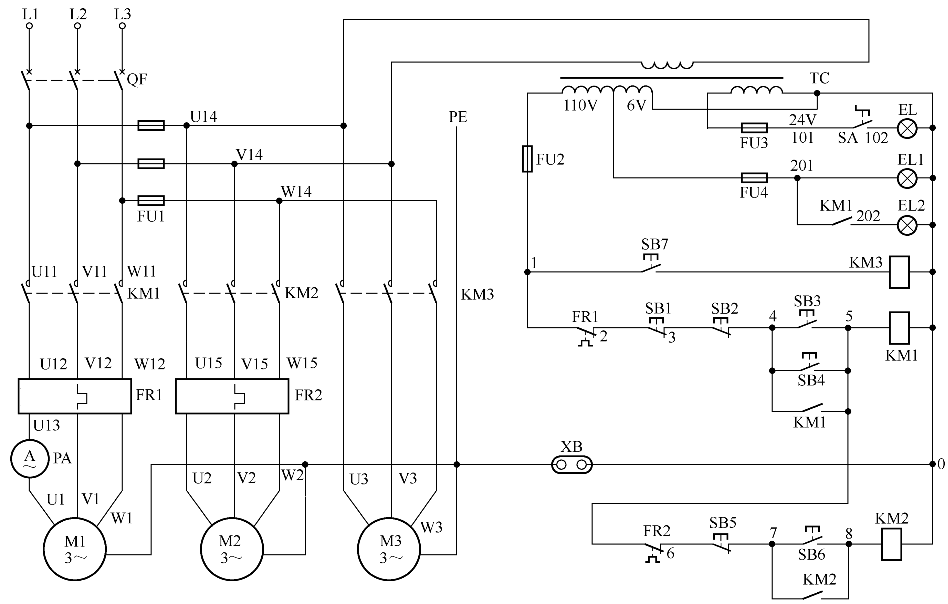


图 19-2 CW6163B 型车床电气控制电路

CW6163B 型车床控制电路由控制变压器 TC 供电，使用 110V 输出电压，采用熔断器 FU2 进行短路保护。当电动机 M1 或 M2 过载时，热继电器 FR1 或 FR2 动作，其常闭触点断开控制电路的电源，接触器 KM1 或 KM2 断电释放，使电动机 M1 或 M2 失电停止工作，实现过载保护。

主轴电动机 M1 采用两地控制方式。主轴电动机 M1 启动时，按启动按钮 SB3（或 SB4），电源电压由控制变压器 TC 二次侧的一端经 FU2→FR1 的触点（1－2）→SB1→SB2→SB3→KM1 线圈到变压器二次侧的另一端。接触器 KM1 的线圈得电动作，其常开触点（4－5）闭合自锁，并且接通冷却泵电动机 M2 控制电路的电源，为冷却泵启动做好准备。接触器 KM1 的主触点闭合，主轴电动机 M1 启动运行。

冷却泵电动机 M2 与主轴电动机 M1 实行连锁控制，只有当主轴电动机 M1 启动后，冷却泵电动机 M2 才能启动。冷却泵启动时，按下按钮开关 SB6，接触器 KM2 的线圈得电动作，其常开触点（7－8）闭合自锁，KM2 的主触点闭合，冷却泵工作。停止时，按下停止按钮 SB5，接触器 KM2 的线圈失电，冷却泵停止工作。按下 SB1 或 SB2 后，接触器 KM1 的线圈失电复位，主轴电动机 M1 停止运行。

快速进给电动机 M3 采用按钮点动控制方式。按下按钮开关 SB7 后，接触器 KM3 的线圈得电，其主触点闭合，电动机快速进给。松开按钮开关 SB7 后，接触器 KM3 的线圈失电，其主触点断开进给电动机 M3 的电源，进给电动机 M3 停止工作。

照明与信号指示电路的电源是由控制变压器 TC 二次侧的 24V 和 6V 绕组分别提供的。照明电源电压为 24V，指示灯的电源电压为 6V。当机床电源接通时，指示灯 EL1 点亮；当主轴电动机 M1 工作时，指示灯 EL2 点亮。需要照明时，操作开关 SA 至合闸位置；不用时将 SA 转至断开位置。

19-3 M7120 型平面磨床电气控制电路

磨床是以磨料磨具（如砂轮、砂带、油石、研磨剂等）为工具进行切削加工的机床。它可以加工各种表面，如内外圆柱面和圆锥面、平面、螺旋面，还可以进行切断等。M7120 型平面磨床是企业使用较多的一种机床，其电气控制电路如图 19-3 所示。

M7120 型平面磨床主要由主电路、控制电路、照明及指示电路及电磁工作台电路组成。

主电路有四台电动机：其中 M1 为液压泵电动机，它起到使工作台往复运动的作用；M2 带动砂轮旋转，进行磨削加工；M3 是冷却泵电动机，对磨削起冷却作用；M4 用于砂轮机的升降调整。M1、M2、M3 电动机在工作中只需要正转，其中冷却泵电动机 M3 在砂轮电动机 M2 运转时才能运转，而升降电动机 M4 在正反两个方向均能工作。

电路中的三个热继电器 FR1、FR2、FR3 和欠压继电器 KA 对 M1、M2、M3 起到过载保护和欠压保护作用。FU1 熔断器对四台电动机进行短路保护。

电磁工作台电路由变压器 TC 变压及桥式整流器 VC 整流后提供 110V 直流电压，它的保护电路由欠压继电

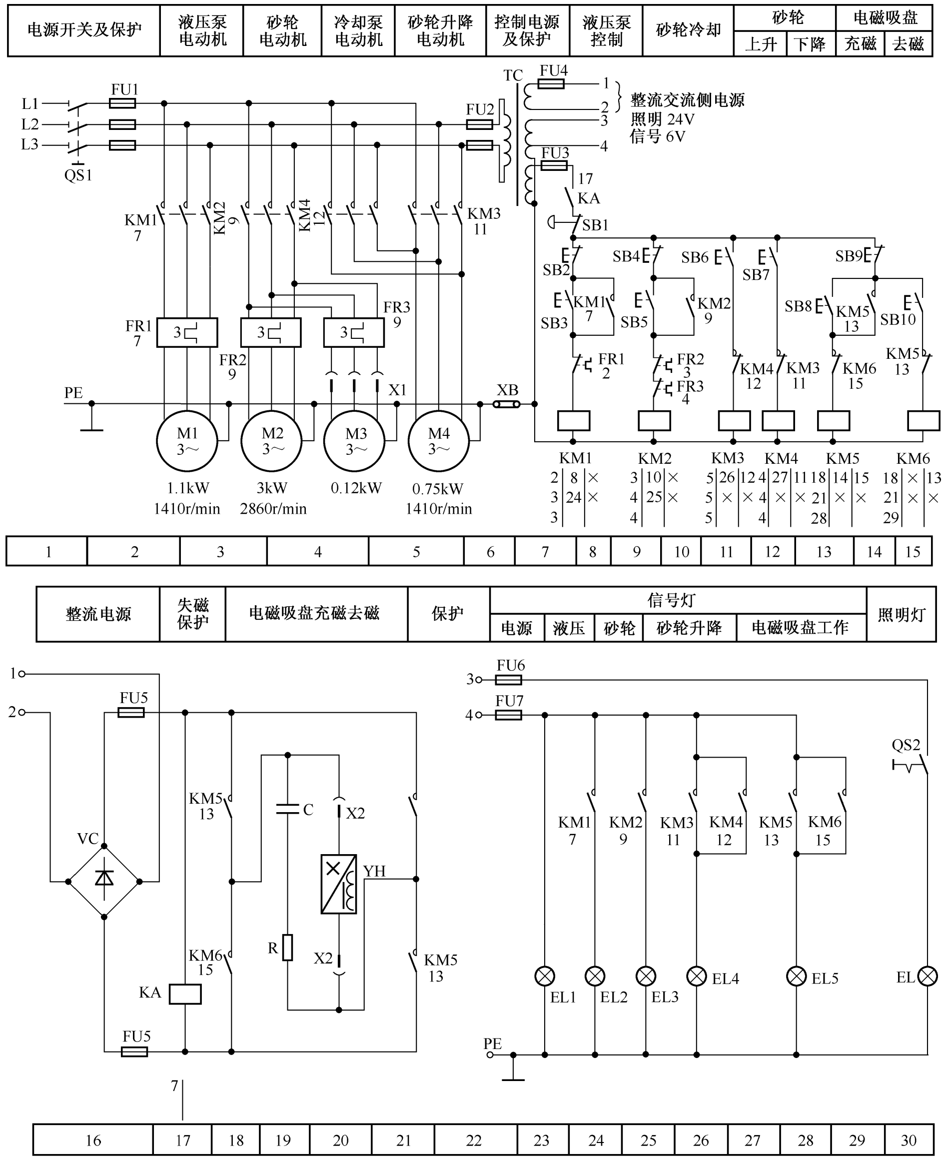


图 19-3　M7120 型平面磨床电气控制电路

器、放电电阻和电容组成。

下面叙述整个电路的工作过程：当电源接通后，如果电路无故障，欠压继电器 KA 动作，其常开触点 KA 闭合，为 KM1、KM2 接触器吸合做好准备。按下 SB3 按钮后，KM1 接触器线圈得电吸合，液压泵电动机开始运转。由于接触器 KM1 的吸合，自锁触点自锁，使 M1 电动机在松开按钮后继续运行。当工作完毕按下停止按钮 SB2 后，KM1 失电释放，而使 M1 停止运行。在需要砂轮电动机和冷却泵电动机工作时，按下 SB5 按钮，KM2 接触器得电吸合，砂轮机电动机和冷却泵电动机同时工作。停止时按 SB4 按钮，两台电动机停转。SB6 和 SB7 按钮控制升降电动机的正转和反转，按下时运转，松开即停止。按下 SB8 按钮，KM5 接触器吸合，电磁工作台带磁而把工件牢牢地吸住，按下 SB9 按钮，电磁工作台失去吸力。为了消除剩磁，可按下 SB10 按钮，使接触器 KM6 得电吸合，把反向电流通入工作台，退完磁后松开 SB10，即可将工件取下。

照明电路由变压器 TC 供电，EL 为照明灯，其工作电压为 24V。QS2 为照明开关。EL1 ～ EL5 为指示灯，其工作电压为 6V。EL1 亮，表示控制电路的电源正常；不亮，表示电源有故障。EL2 亮，表示液压泵电动机 M1 处于运转状态，工作台正在进行往复运动；不亮，表示 M1 停转。EL3 亮，表示砂轮电动机 M2 及冷却泵电动机 M3 处于运转状态；不亮，表示 M2 停转。EL4 亮，表示砂轮升降电动机 M4 处于工作状态；不亮，表示 M4 停转。EL5 亮，表示电磁吸盘 YH 处于工作状态；不亮，表示电磁吸盘未工作。

19-4　Z35 型摇臂钻床电气控制电路

钻床一般用于加工尺寸较小、精度要求不太高的孔，如各种零件上的连接螺钉孔。它可以用钻头在实心材料上钻孔，此外还可以进行扩孔、铰孔、攻螺纹等工作。钻床进行加工时，工件一般固定不动，刀具一边做旋转运动，一边沿其轴线移动，完成进给动作。

Z35 型摇臂钻床可用于钻孔、攻螺纹，在企业中使用相当广泛。其电气控制电路如图 19-4 所示，主要由主电路、控制电路和照明电路组成。主电路有四台电动机：其中主轴电动机为 M2，由 KM1 接触器控制单方向开停；M3 是摇臂升降电动机，由接触器 KM2、KM3 控制正反方向运转；M4 为立柱紧松电动机，由接触器 KM4 和 KM5 控制正反向运转，操纵立柱的夹紧与松开。M1 是在工作时给切削工件输送冷却液的冷却泵电动机，它由开关 QS2 控制。

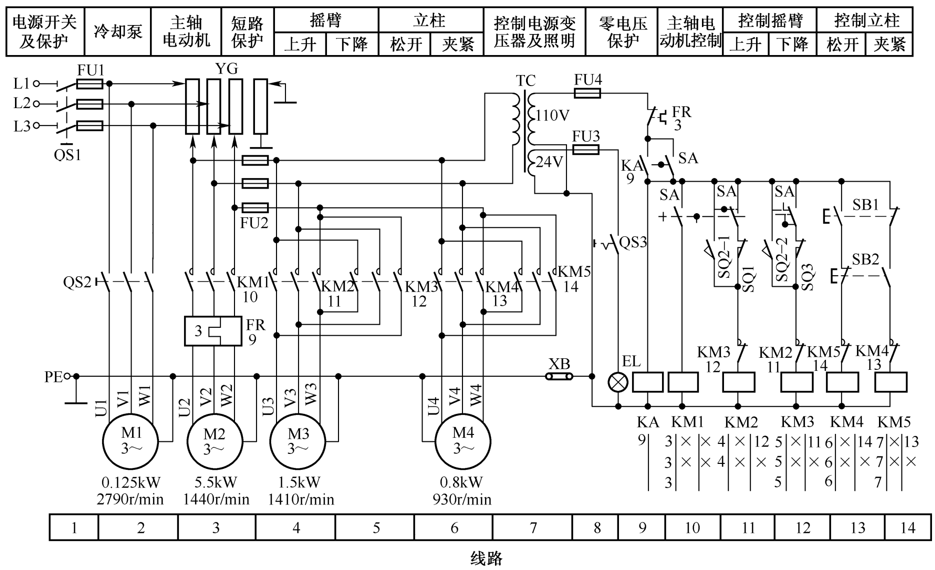


图 19-4　Z35 型摇臂钻床电气控制电路

当开始工作时，将十字开关 SA 扳在左边位置，这时，SA 仅有左面触点闭合，零压继电器 KA 线圈得电，其常开触点闭合自锁，为其他控制电路接通做好准备。然后将 SA 扳到右边位置，仅使 SA 右面的触点闭合，接触器 KM1 线圈得电，KM1 主触点闭合，主轴电动机 M2 通电旋转，其主轴旋转方向由主轴箱上的摩擦离合器手柄位置决定，可以正反转。将十字开关 SA 的手柄扳回中间位置，触点全部分断，接触器 KM1 断电，主轴停转。

摇臂升降同样由 SA 控制，当将 SA 扳向上面时，SA 上面的触点闭合，KM2 接触器得电吸合，其主触点闭合，M3 电动机运转，摇臂向上。当摇臂上升到所需位置时，将十字开关的手柄扳到中间位置，SA 上面的触点分断，接触器 KM2 断电释放，电动机 M3 断电停转，摇臂停止上升。欲使摇臂下降，可将十字开关扳到下面位置，于是 SA 下面的触点闭合，接触器 KM3 线圈得电动作，电动机 M3 启动并反转，摇臂下降。当摇臂下降到所需位置时，将十字开关扳回中间位置，电动机 M3 停转，摇臂停止下降。为使摇臂上升或下降不致超过允许的极限位置，在摇臂上升或下降的控制电路中分别串联了行程开关 SQ1 和 SQ3。

当需要摇臂绕内立柱转动时，应先按 SB1，接触器 KM4 线圈得电动作，电动机 M4 启动运转，并通过齿式离合器拖动齿轮式油泵旋转，送出的高压油经一定油路系统和传动机构将外立柱松开；然后松开 SB1，接触器 KM4 断电释放，电动机 M4 断电停转，即可推动摇臂和外立柱绕内立柱转动；当转动到所需要的位置时，再按 SB2，接触器 KM5 线圈得电动作，其主触点闭合，电动机 M4 启动并反转，在液压系统的推动下，将外立柱夹紧；然后松开 SB2，接触器 KM5 断电释放，电动机 M4 断电停转，整个放松—转动—夹紧过程结束。

19-5　X62W 型万能铣床电路

X62W 型万能铣床由三台电动机来完成加工过程，电路如图 19-5 所示。其中 M1 是主轴电动机，M2 是工作台进给电动机，M3 是冷却泵电动机。M1 由换向开关 QS5、接触器 KM2 和 KM3 来完成正反转、反接制动和瞬时制动，并通过机械机构进行变速。M2 电动机除了进行正反转控制、快慢速控制、限位控制，还通过机械机构使工作台上下、左右、前后运动。M3 为冷却泵电动机，它由 KM1 接触器控制。

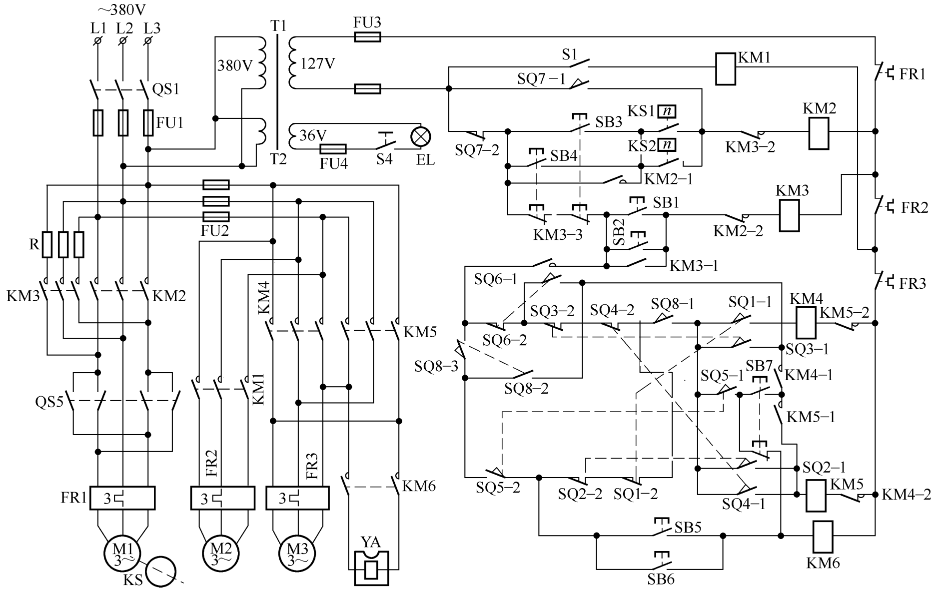


图 19-5　X62W 型万能铣床电路

19-6　T68 型卧式镗床电路

T68 型卧式镗床电路如图 19-6 所示，它利用两台电动机完成工作。其中 M1 为双速电动机，它通过变速箱等传动机构带动平旋盘和主轴及润滑油泵运转。M2 电动机带动主轴上的拖板做上拖板和下拖板等快速运动。

操作 SB1F 和 SB1R 按钮使 KM1 和 KM2 得电吸合，M1 电动机运转，停车时按下 SB2。如需点动，应操作 SB3F 和 SB3R 按钮。当需要主轴制动时，按下停止按钮使 KM3 和 KM5 接触器释放，电磁铁电源断开，在弹簧作用下杠杆拉紧制动轮，使电动机快速停转。如果需要 M1 由低速运转变为高速运转，可通过调速联动机构使 SQ1 行程开关动作，经时间继电器延时后闭合 KM4 和 KM5 线圈，使 M1 电动机由△形低速运转变为Y形高速运转。SQ2 是与机床变速手柄相连的变速联动行程开关，拉出机床变速手柄后，SQ2 断开接触器 KM3 或 KM4、KM5，使电动机停转。进给部件快速移动控制是由操作手柄操纵行程开关 SQ5 和 SQ6 来完成的，当接触器 KM6 或 KM7 通电或断电时，M2 电动机做上拖板、下拖板等快速运动。

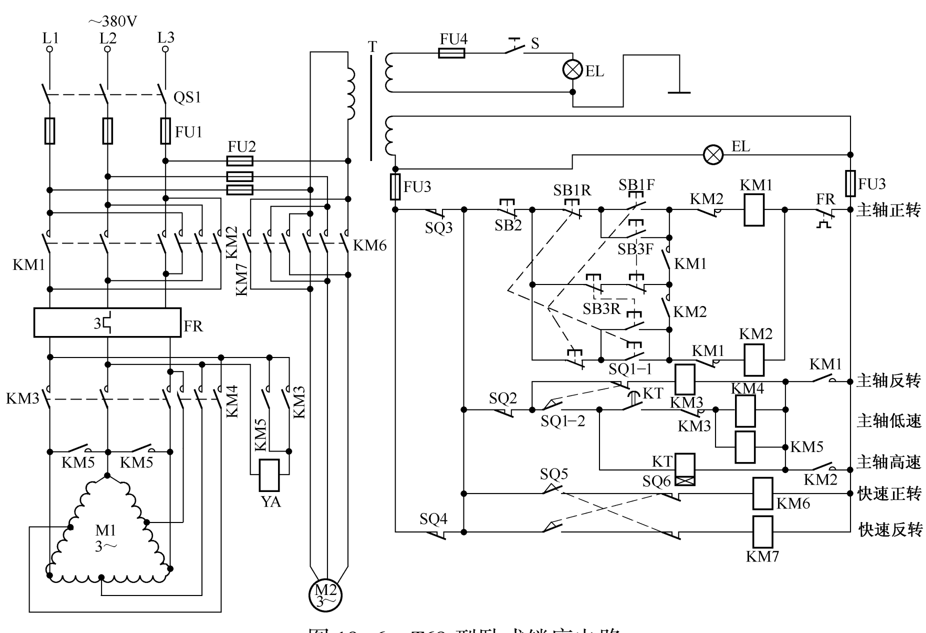


图 19-6　T68 型卧式镗床电路

第 20 章

新颖电力开关电路

20-1　MCQ2 系列智能双电源自动切换系统电路

MCQ2 系列智能双电源自动切换系统电路如图 20-1 所示，这种产品是成型产品，按图连接即能使用。安装时应注意以下几点。

（1）常用电源合闸指示灯 EL1 的电压为 AC 220V（用户自备）。

（2）备用电源合闸指示灯 EL2 的电压为 AC 220V（用户自备）。

（3）虚线部分由用户自接。

（4）本接线图适合三相四线制，当选用三相三线制时，常用电源 N 线（1N）、备用电源 N 线（2N）分别接入各自的合闸信号指示灯。

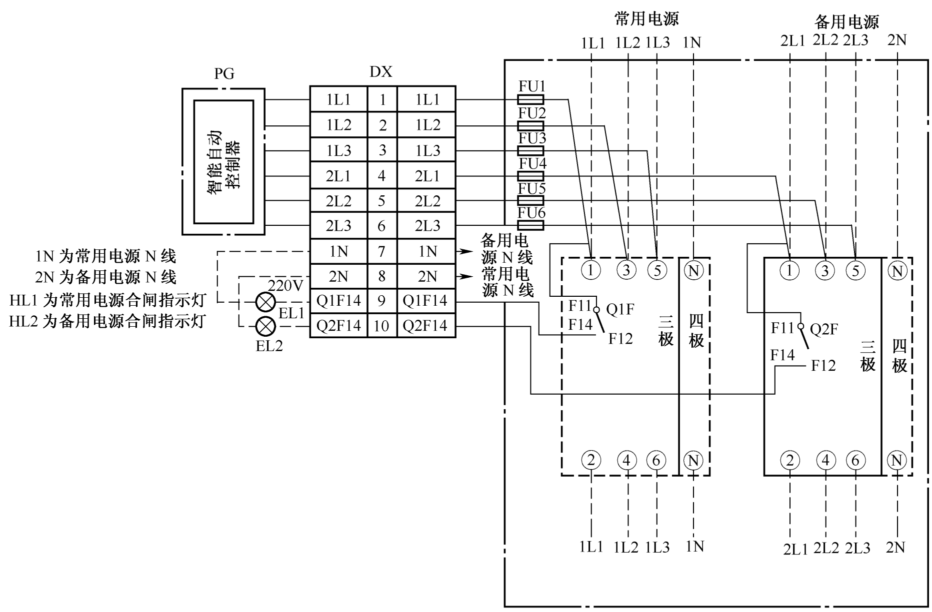


图 20-1　MCQ2 系列智能双电源自动切换系统电路

20-2　KB0S 双电源自动转换开关电路

KB0S 是额定电流为 100A 及 100A 以下产品以 KB0 基本型作为主开关，与电压继电器、机械连锁、电气连锁等附件组合，构成的双电源自动转换开关（CB 级或 PC 级），如图 20-2 所示。

KB0S 双电源转换开关主要用于交流 50Hz 额定电压至 690V、电流为 0.16～100A 的两路电源中（常用电源和备用电源、常用电源和发电电源），因一路电源发生异常而进行电源之间的切换，保证其供电的可靠性和安全性。CB 级产品也能接通、承载和分断正常条件下的电流，且能接通、承载并分断规定的非正常条件下的电流（如短路电流）。

KB0S 双电源转换开关的工作原理是：当常用电源的电压正常时，常用电源通电吸合，同时备用电源处于断开状态，主电路接通，KB0S 双电源转换开关能正常工作。

当常用电源发生欠电压、过电压、断相等电路故障时，其检测系统根据检测到的电压信号发出转换到备用

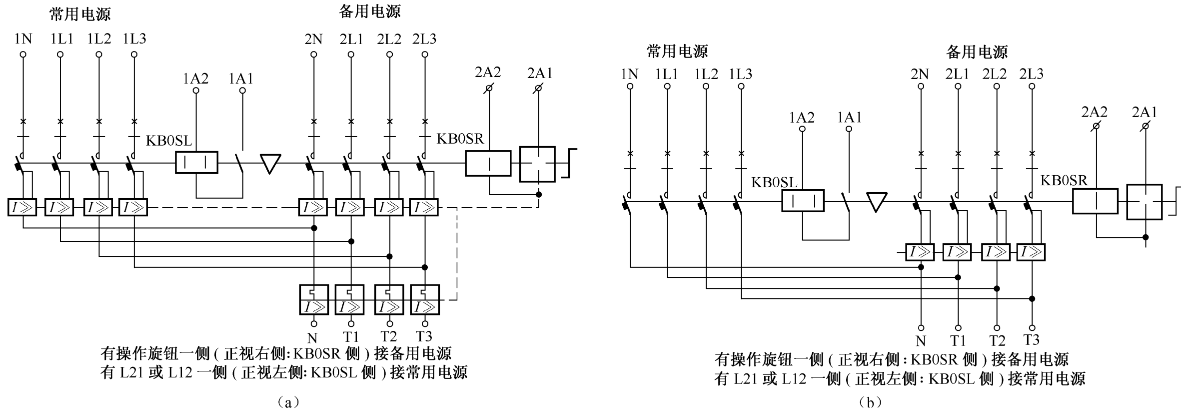


图 20-2　KB0S 双电源自动转换开关电路

电源的指令，常用电源处于断开状态，同时备用电源通电吸合，主电路接通，KB0S 双电源转换开关能正常工作。当常用电源恢复正常后，切换到常用电源，同时备用电源断开。

当电路出现过载、过电流、断相、短路等电路故障时，可以同时切断常用电源和备用电源。

KB0S 双电源转换开关采用模块化的单一产品结构形式，基本形式为 CB 级产品，根据需要选配功能模块或附件，即可实现对一般（不频繁启动）的电动机负载、配电电路负载的控制和保护及自动转换。该产品集成了传统的断路器（熔断器）、接触器、过载（或过电流、断相）保护继电器、启动器、双电源等的主要功能，也可以根据用户需要，选配过载、过电流、短路、断相等保护。其具有远距离自动控制和就地直接人力控制、面板指示及机电信号报警功能，以及协调配合的时间 - 电流保护特性（具有反时限、定时限和瞬时三段保护特性）。也可根据用户需要提供 PC 级双电源，使产品只具有转换功能。

20-3　CW1G 系列隔离开关接线电路

CW1G 系列隔离开关主电源开关为三相。各种按钮、指示灯、熔断器、电源 U_{AC} 均由用户配备、安装。S1 为具有四组转换触点的辅助开关，S2 为电动机行程开关；SB1 为分励按钮，SB2 为合闸按钮；A 为分励脱扣器；YA 为合闸电磁铁；M 为储能电动机；X 为接线端子；FU 为熔断器。图中虚线部分由用户自接，端子 33、34 可直接接电源（自动预储能），也可串联常开按钮后接电源（手动预储能），若 A、YA、M 的控制电源电压不同，应分别接不同的电源，CW1G 系列隔离开关接线电路如图 20-3 所示。

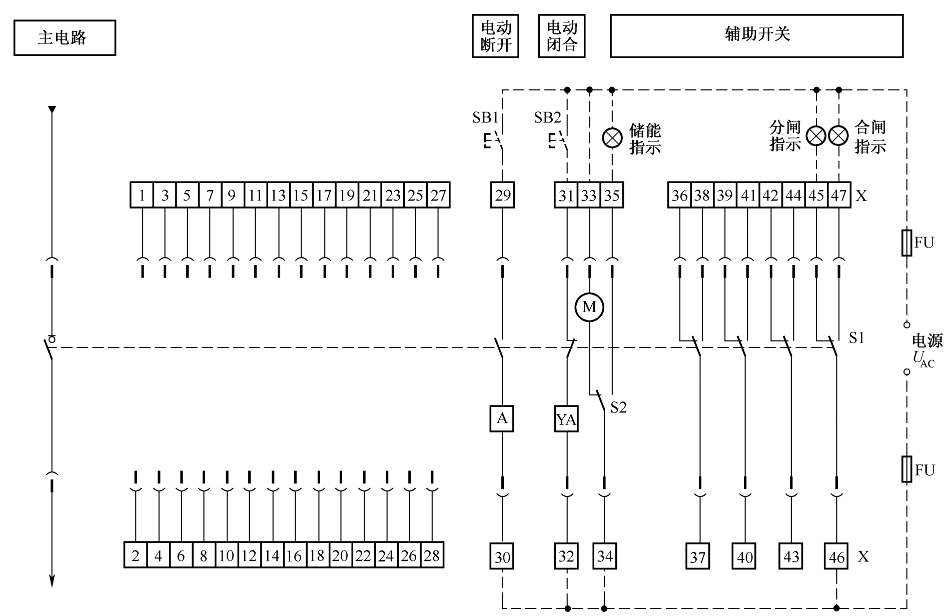


图 20-3　CW1G 系列隔离开关接线电路

隔离开关有固定式和抽屉式之分，把固定式隔离开关本体装入抽屉座就成为抽屉式开关。开关本体由触点系统、操作机构、辅助开关、二次插接件、分励脱扣器等部件组成；抽屉座由有导轨的左右侧板、底座和横梁等构成。触点系统为一挡触点，即在同一触点不同部位的触点单元既具有主触点的功能又具有弧触点的功能。电路采用了多路并联，降低了电动斥力，提高了触点系统的电动稳定性。

隔离开关在断开状态时，动静触点的间隔距离远大于 IEC 60947—3 标准对隔离性能的规定，极大地提高了开关的介电性能。触点位置指示不仅有明显的闭合指示和断开指示，而且触点在断开位置时指示可靠，并且只有在断开时才能锁住，使开关不被误闭合。

操作机构和手动、电动传动机构位于开关正面。操作机构采用五连杆的自由脱扣机构，并设计成储能形式。在使用过程中，机构总是处于预储能位置，一接到合闸命令，开关就能立即瞬时闭合。预储能的释放可用手动合闸按钮或合闸电磁铁来完成。电动传动机构自成一体，储能轴与主轴之间通过凹凸形楔口活动连接，装拆非常方便。

安装隔离开关时，应先检查开关规格是否符合设计选型要求。用 1000V 绝缘电阻表测量绝缘电阻值应大于 20MΩ。安装完毕，要按接线图进行检查，及时纠正错误的连接。对于抽屉式隔离开关，应抽出两侧导轨，将开关本体可靠地放入导轨中，推动隔离开关本体至分离位置，将手柄插入进出装置孔内，顺时针摇动手柄至试验位置，然后检查分励脱扣器、合闸电磁铁及电动机构的外辅助电源额定电压与所接电源电压是否相符，而后接通二次回路。隔离开关手动及电动的储能试验步骤是：对于手动储能，需上下扳动面板上手柄直至听到“咔嗒”声，面板上显示“储能”，即告储能结束；对于电动储能，亦听到“咔嗒”声，面板上显示“储能”，即告已经储能。这时按闭合按钮或使合闸电磁铁通电，均可使隔离开关可靠合闸，电动储能机构自动再储能。

第21章

电气自动控制电路

21-1　单相照明双路互备自投供电电路

在重要场所，照明一般是不允许停电的，如大型商场、公共场所、变电所等，这就需要双路电源供电。如果把双路电源安装成自动切换投入，就会节省大量人力，免得再去操心切换一组停电造成的断电现象，省去了人力值班，达到了自动控制之目的。图21-1所示是单相照明双路互备自投供电电路，当一路电源因故停电时，备用电源能自动投入。图中S1、S2为小型开关，KM1、KM2为交流接触器。工作时，先合上开关S1，交流接触器KM1吸合，由1号电源供电。然后合上开关S2，因KM1、KM2互锁，此时KM2不会吸合，2号电源处于备用状态。如果1号电源因故断电，交流接触器KM1释放，其常闭触点闭合，接通KM2线圈电路，KM2吸合，2号电源投入供电。在操作中也可以先合上开关S2，后合上开关S1，使1号电源成为备用电源。

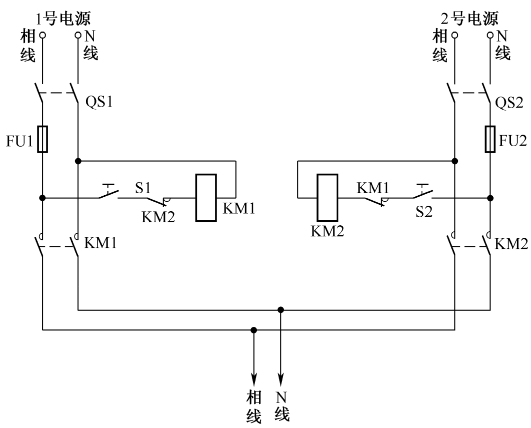


图21-1　单相照明双路互备自投供电电路

21-2　双路三相电源自投电路

图21-2所示是一双路三相电源自投电路，用电时可同时合上刀开关QS1和QS2，KM1得电吸合，同时，时间继电器KT也得电，但由于KM1吸合，KM1常闭触点又断开了时间继电器的电源，这时甲电源向负载供电。当甲电源因故停电时，KM1接触器释放，这时KM1常闭触点闭合，接通时间继电器KT线圈上的电源，时间继电器延时数秒后，使KT延时常开触点闭合，KM2得电吸合并自锁。由于KM2吸合，其常闭触点一方面断开延时继电器线圈电源，另一方面又断开KM1线圈的电源回路，使甲电源停止供电，保证乙电源进行正常供电。如果乙电源工作一段时间停电后，KM2常闭触点会自动接通KM1线圈的电源，换为甲电源供电。

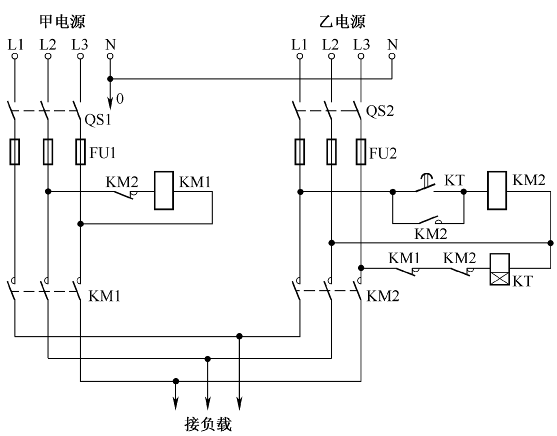


图21-2　双路三相电源自投电路

接触器应根据负载大小选定，时间继电器可选用0～60s的交流时间继电器。

21–3　茶炉水加热自动控制电路

图 21–3 所示是一简单的茶炉水加热自动控制电路。当水箱中的水不开时，电接点温度计的常闭触点闭合，使电磁阀通电动作，从而使蒸汽管进气。当水开时，热敏电阻阻值变化，使电接点温度计常闭触点断开，电磁阀关闭蒸汽管道，从而达到节约用汽、自动控制水开的作用。

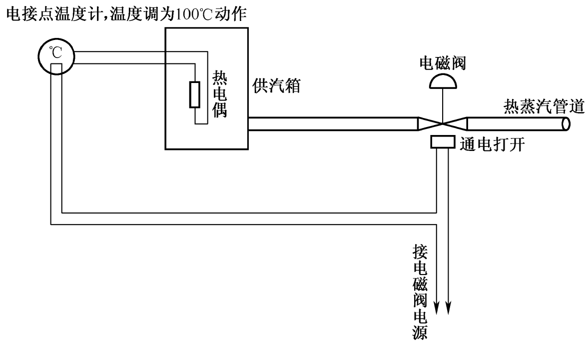


图 21–3　茶炉水加热自动控制电路

21–4　简单的温度控制器电路

图 21–4 所示是一简单的温度控制器电路，SS 为 WJ2（WJQ）系列电接点压力式温度计。电接点温度计放入水中，当水温不到 100℃时，KA 吸合，KM 得电吸合，KM 触点接通，电炉进行加热；当水温达到 100℃时，电接点触点断开，从而使 KA 释放，电炉停止加热。

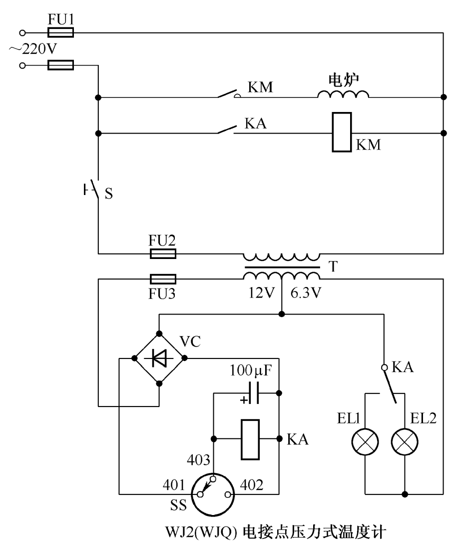


图 21–4　简单的温度控制器电路

21–5　简易晶闸管温度自动控制电路

图 21–5 所示是一种晶闸管温度自动控制电路。当温度较低、温度计两个探针断开时，晶闸管导通，电热器通电，开始加热。当温度达到所需要值时，温度计上的两个探针被汞柱接通，使晶闸管控制极和阴极短路，晶闸管截止，从而断开电热器，电热器停止加热。

电路中 R 的阻值可通过调试来确定，一般使温度计两探针断开时晶闸管完全导通，在探针短路时流过 R 上的电流不太大为好。

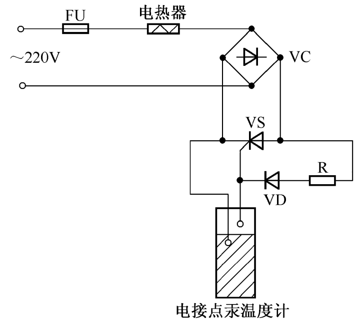


图 21-5　简易晶闸管温度自动控制电路

21-6　双向晶闸管控制温度电路

中温箱式电阻炉或带变压器供电的电阻炉设备大都采用接触器控制温度，这样存在着控制温度精度差、耗电多、维修量大等缺点。利用晶闸管控制温度则是一种较好的方法。

图 21-6 所示是一双向晶闸管温度控制电路，电路中的 KA 为继电器触点，KA 吸合，则双向晶闸管导通，电阻炉接通三相电源加热，KA 断开，电阻炉停止加热。KA 吸合与释放由原控制柜上的电接点温度计控制。双向晶闸管的电流参数由电阻炉负载决定。

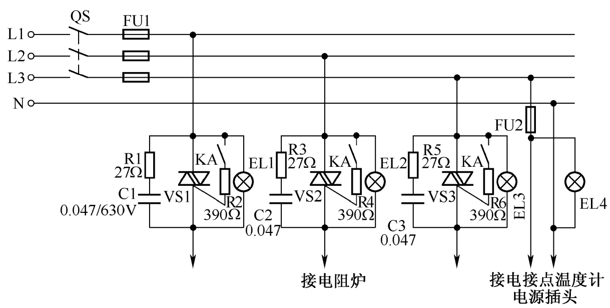


图 21-6　双向晶闸管控制温度电路

21-7　XCT－101 动圈式温度调节仪控温电路

XCT－101 动圈式温度调节仪控温电路可用于电动机、变压器绕组烘干，其电路如图 21-7 所示。电路中烘

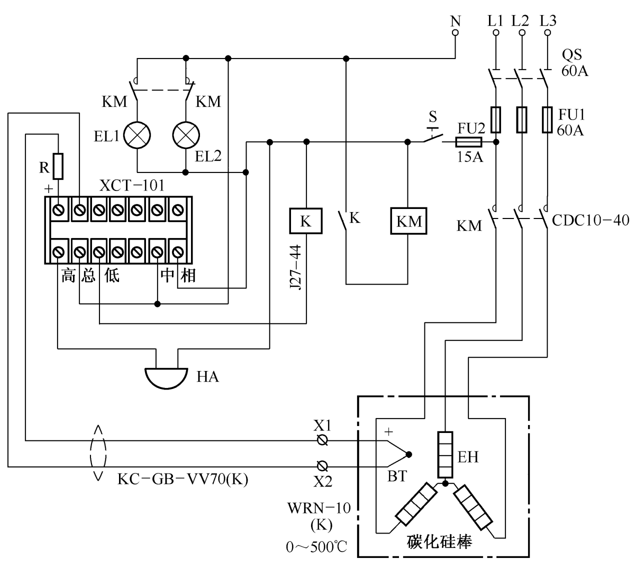


图 21-7　XCT－101 动圈式温度调节仪控温电路

室采用的加热元件 EH 是碳化硅棒（规格 8×450，12 根分 3 组），接成Y形。热电偶放在最能代表烘室温度的地方。电路中采用 CDC10－40 交流接触器通断电源，并在电路中增设了中间继电器 K（型号 JZ7－44），用 K 来控制 KM。KM 工作时，EL1 亮；KM 释放时，EL1 灭，EL2 亮。

21-8　电接点压力式温度表控温电路

电接点压力式温度表控温电路如图 21-8 所示。图中 BT 为电接点压力式温度表，合上开关 QS，调节温度表的下限点，使其与指针接触，这时交流接触器 KM 得电吸合并自锁，电热器通电加热。根据实际需要的温度值及控温精度来调节上、下限。温度升高，当指针与上限点接触时，继电器 KA 得电吸合，KA 常闭触点断开，切断 KM 线圈电路，KM 断电释放，电热器停止加热。温度下降，旋转指针开始离开上限点，KA 断电释放，其常闭触点复位。温度继续下降，当指针与下限点接触时，KM 再次吸合，又开始加热。这样，即可将温度控制在上限和下限之间的温度值。

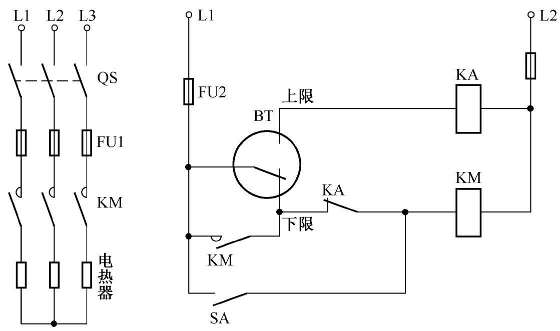


图 21-8　电接点压力式温度表控温电路

图 21-8 中，SA 为手动和自控切换开关。手动控制时，将 SA 闭合，电热器可一直通电加热。断开 SA，可通过 BT 自动控温。

21-9　TDA－8601 型温度指示调节仪控温电路

TDA－8601 型温度指示调节仪控温电路如图 21-9 所示。当合上刀开关 QS 后，由于控温炉温度较低，TDA－8601 端子“总”输出脉冲直流信号触发 VS 导通，加热器 EH 获电加热，炉温逐步升高；当炉温到达预定值时，“总”无触发信号，晶闸管截止，EH 使电炉温度下降，当炉温低于预定温度后，VS 又导通。这样，电炉就可以恒定工作。

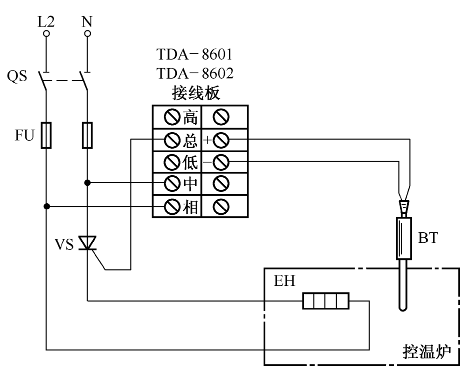


图 21-9　TDA－8601 型温度指示调节仪控温电路

21-10　XMT－DA 数字显示调节仪控温电路

XMT－DA 数字显示调节仪是一种竖直安装式仪表。XMT－DA 数字显示调节仪控温电路如图 21-10 所示，原理及安装方法大致与调节器相同。

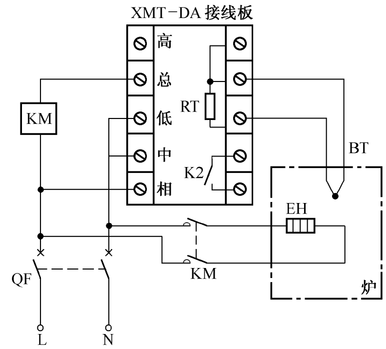


图 21-10　XMT-DA 数字显示调节仪控温电路

21-11　△/Y 变换的炉温控制电路

图 21-11 所示为△/Y变换的炉温控制电路。图中的 K 为温度调节仪，通过一组常开、常闭切换触点输出控温信号；KM1、KM2 分别为控制加热器△形、Y形接法的交流接触器；KA1、KA2 为中间继电器。

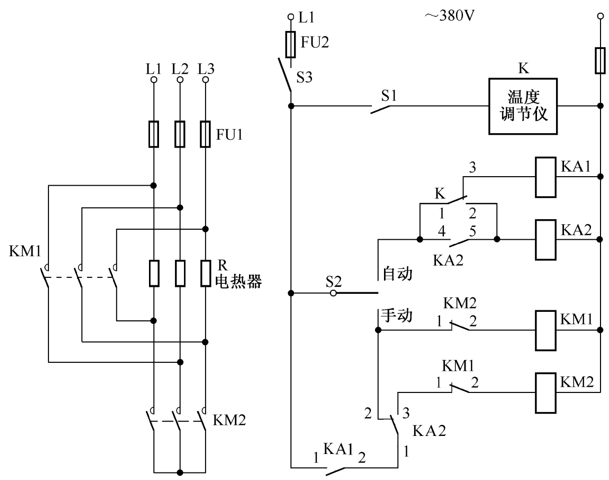


图 21-11　△/Y变换的炉温控制电路

电炉在升温阶段，加热器接成△形；而在保温阶段，接成Y形。工作时合上开关 S3、S1，将开关 S2 置于“自动”位置，KA1、KM1 相继得电吸合，电热器接成△形通电加热，使电炉从电源取得较大的输入功率，电炉迅速升温。当炉温升到设定的温度时，切换 K 动作，其常闭触点（1-3）断开、常开触点（1-2）闭合，KA1、KM1 相继断电释放，电热器断电，停止加温。同时 KA2 得电闭合并自锁，其常闭触点（1-2）断开，常开触点（1-3）闭合。电热器断电后，炉温开始下降。当炉温降至低于设定值时，切换 K 动作。其常开触点（1-2）断开，常闭触点（1-3）闭合，KA1 吸合。这时 KM2 线圈通过 KA1 触点（1-2）、KA2 触点（1-3）及 KM1 常闭触点得电吸合，其主触点将电热器接成Y形，使电炉从电源取得较小的输入功率，炉温缓慢上升。当炉温再次升到设定温度时，又断电。在电炉的保温阶段，电热器被接为Y形通电，通过继电器 KA2 的作用，因为 KA2 一直吸合，其触点（1-3）断开，切断了 KM1 线圈电路。

将开关 S2 置于“手动”位置，KM1 得电吸合，电热器接为△形升温，不受温度调节仪的控制。电炉停止运行时，要断开开关 S3、S1。

21-12　简易温度控制电路

图 21-12 所示是由电接点汞温度计构成的温度自动控制电路。

工作原理：合上电源开关 S，温度低于需要的温度时，电接点汞温度计的两个探针断开，三极管基极开路，因此处于截止状态，继电器不动作，它的常闭触点接通 KM 的线圈回路，KM 吸合，电热器开始加热。当温度升

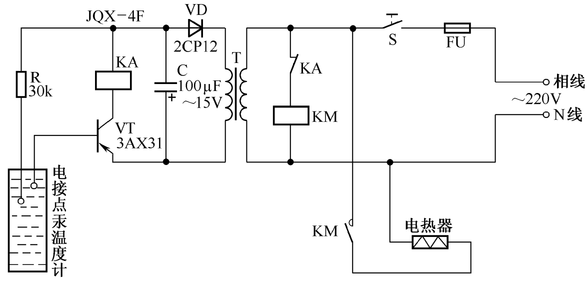


图 21-12　简易温度控制电路

到需要值时，电接点汞温度计中的汞接点接通，使三极管接通，KA 吸合，KM 接触器释放，此时电热器断开电源，停止加热。

21-13　双功能三相电阻加热炉控制电路

双功能三相电阻加热炉控制电路由主电路和控制电路组成。主电路包括三相交流电源开关 QF、双向晶闸管 VS1～VS3 及其触发电路、交流接触器 KM 的主触点及三相电阻器加热器 EH1～EH3 等。控制电路包括选择开关 SA、双向晶闸管 VS4 及其触发电路、中间继电器 K1、双向晶闸管触发控制继电器 K2、接触器 KM 的线圈、二位温控仪 WT 及信号灯 EL1 和 EL2 等。双功能三相电阻加热炉控制电路如图 21-13 所示。

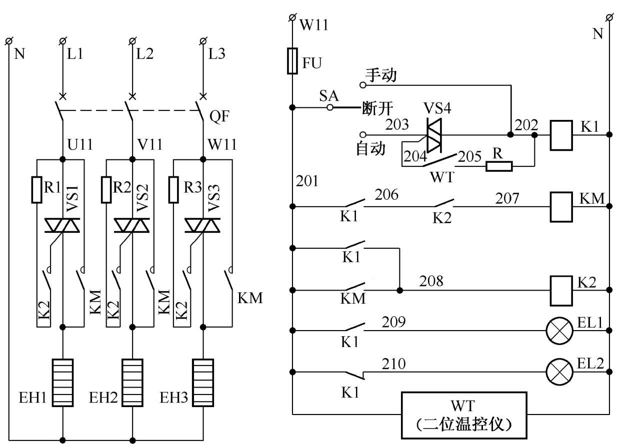


图 21-13　双功能三相电阻加热炉控制电路

合上电源开关 QF 后，电路进入热备用状态。将旋转开关 SA 置于“手动”位置时，继电器 K1 的线圈得电动作，其触点（201-206）闭合，为接触器 KM 的线圈投入运行做准备；K1 的触点（201-209）闭合，信号灯 EL1 点亮；K1 的触点（201-210）断开，信号灯 EL2 熄灭；K1 的触点（201-208）闭合，继电器 K2 的线圈得电动作。K2 的触点（206-207）闭合，接触器 KM 的线圈得电动作，其主触点闭合，加热器得电加热。继电器 K2 的各常开触点闭合，双向晶闸管 VS1～VS3 处于备用状态。如果接触器的某对触点出现断路故障，则与之并联的双向晶闸管导通，不影响加热器加热。

将旋转开关 SA 置于“自动”位置，当温度低于温控仪的设定温度时，WT 的触点（204-205）闭合，双向晶闸管 VS4 导通，继电器 K1 的线圈得电动作。K1 的触点（201-206）闭合，为接触器 KM 的线圈投入运行做准备；K1 的触点（201-209）闭合，信号灯 EL1 点亮；K1 的触点（201-210）断开，信号灯 EL2 熄灭；K1 的触点（201-208）闭合，继电器 K2 的线圈得电动作。K2 的触点（206-207）闭合，接触器 KM 的线圈得电动作，其主触点闭合，加热器得电加热；KM 的触点（201-208）闭合，保持 K2 线圈得电。继电器 K2 的各常开触点闭合，双向晶闸管 VS1～VS3 处于备用状态。如果接触器的某对触点出现断路故障，则与之并联的双向晶闸管导通，不影响加热器加热。

当温度达到设定值上限时，二位温控仪 WT 起控，其触点（204-205）断开，继电器 K1 的线圈失电复位，

接触器 KM 的线圈和继电器 K2 的线圈也相继失电复位，加热器停止加热。当温度下降到设定值下限时，温控仪再次启动，电路又重复上述过程。如此周而复始，使炉温保持在一定范围内。

21–14　自动气体循环炉控温电路

气体循环炉是工厂热处理车间用于低温回火或气体渗碳的井式三相电阻炉。它的电气工作原理如图 21–14 所示，当需要气体循环炉工作时，应合上刀开关 QS，并把炉盖盖紧，此时控制电路中的行程开关 SQ 闭合。在工作时，可用开关 SS 选择手动、自动两种控温方式。下面分别说明其工作原理。

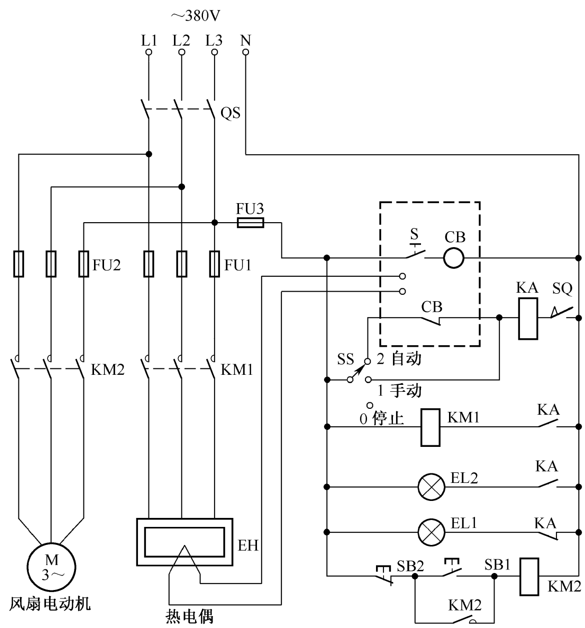


图 21–14　自动气体循环炉控温电路

（1）手动方式：首先将组合开关 SS 扳到“手动”位置，这时 SS1 触点接通，中间继电器 KA 线圈得电吸合，使交流接触器 KM1 动作，电阻炉通电升温，当炉温升至所需要的温度时，把 SS 扳到“0”位置，使 KA 和 KM1 线圈断电，电阻炉断开电源，不再升温。

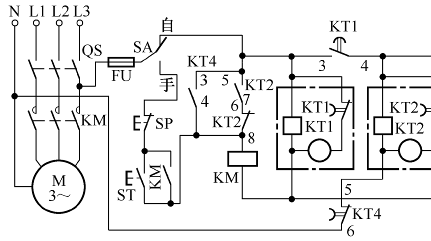
（2）自动方式：将组合开关 SS 扳到“自动”位置，这时 SS–2 接通。由于电子电位差计测温仪表 CB 在温度低于预定温度时，CB 触点呈闭合状态，使 KA 继电器通电吸合，同时 KM1 线圈通电，电阻炉通电升温；当炉温达到预定温度时，触点 CB 自动分断，使 KA 线圈断电，KM1 断电，电炉停止升温，实现了自动控温。

风扇电动机由按钮 SB1 直接控制启动自锁，SB2 为其停止按钮。在实际工作中，根据需要可随时手动控制风扇的启停。

图 21–14 中的 S 为仪表的电源开关，EL1 和 EL2 分别为电阻炉通电和断电指示灯。

21–15　喷水池自动喷水控制电路

目前，为美化环境，很多地方建造了各种各样的喷水池，与喷水池配套的自动喷水电路也将越来越多地应用到实际喷水电路中。下面介绍一种喷水自动控制电路，如图 21–15 所示。图中时间继电器 KT1 ～ KT4 构成延时自动控制电路（虚线框内为由微型电动机控制的时间继电器结构图）。接通 QS 开关，并将控制开关 SA 拨到“自”位置，KT1 得电，延时开始。在到达其整定时间之后，KT1 的常开触点（3–4）闭合；KT2 线圈经 KT4（5–6）常闭触点得电动作，KT2 常开触点（5–6）闭合，接通接触器 KM 线圈电源，KM 主触点闭合，加压泵电动机 M 运转，开始喷水。与此同时，KT2 的常闭触点（7–8）处于延时状态，在达到整定时间之后，KT2 的常闭触点（7–8）断开，KM 失电，M 停转，喷水停止。此时 KT2 常开延时触点（3–4）闭合，使 KT3 线圈得电，在达到整定时间之后，KT3 的延时触点（5–6）闭合，KT4 线圈得电，KT4 的常开触点（3–4）闭合，KM 动作，M 运转，喷水又开始。同时，KT4 常闭延时触点（5–6）在到达整定时间之后又断开，KM 失电，M 断电，喷水又停止。至此，各时间继电器延时触点复位，并重复以上过程。



KT1：JS11−7−1−B；KT2、KT3、KT4：JS11−6−1B

图 21−15　喷水池自动喷水控制电路

21−16　自动节水电路

在某些缺水的地方加装一台自动节水器尤为实用，图 21−16 所示是一台自动节水器，当水箱中的水位处在检测电极 B 以下时，IC 的②脚为低电平，IC 导通，继电器 K 得电吸合，K 的触点（1－2）接通，电磁阀 YV 得电放水。当水箱水位到达检测电极 A 的最低端时，电极 A－C 导通，IC 的②脚为高电平，IC 截止，K 失电，K 的触点（1－2）断开，YV 停止注水。K 的触点（3－4）闭合，接通电极 A、B。当水箱的水用到 A 极低端以下时，由于 A、B 两极经 K 触点（3－4）接通，IC 的②脚仍为高电平，IC 保持截止状态。直至水位低于 B 极最低端时，IC 导通，YV 才又进入放水状态。

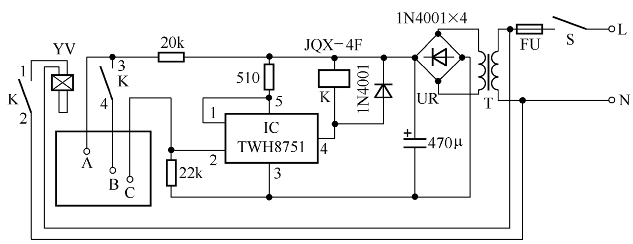


图 21−16　自动节水电路

21−17　电力变压器自动风冷电路

电力变压器在夏天连续运行时自身温度会超过 65℃，故需加风机进行降温，否则会烧坏电力变压器。图 21−17 所示是一种利用电接点温度计改制的电力变压器自动风冷电路。在高温时启动吹风机；在低温时，则停止吹风机工作。WJ1 为电接点温度计的上限触点，WJ2 为下限触点。当变压器运行、温度升到上限值时，WJ1 闭合，风扇启动；当变压器温度降为下限值时，WJ2 闭合，KA 动作，使风扇停止工作。

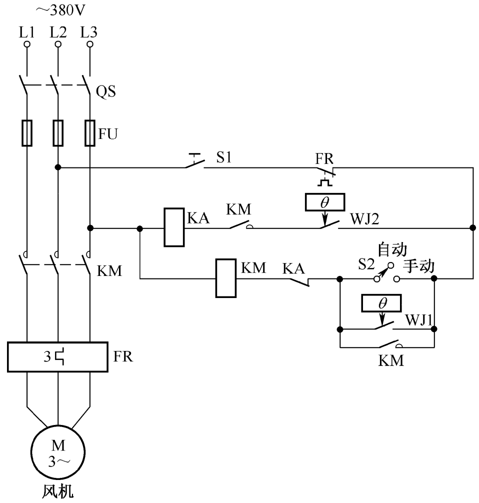


图 21−17　电力变压器自动风冷电路

21-18　用电接点压力表做水位控制电路

用电接点压力表做水位控制，可有效地防止由于金属电极表面氧化引起的导电不良，使三极管液位控制器失控。

如图 21-18 所示，将电接点压力表安装在水箱底部附近，把电接点压力表的三根引线引出，接入此电路中。当开关 S 拨到“自动”位置时，如果水箱里面的液面处于下限，电接点动触点接通 KA1 继电器线圈，继电器 KA1 吸合，接触器 KM 得电动作，电动机水泵运转，向水箱供水。当水位液面达到上限值时，电接点的动触点与 KA2 接通，KA2 吸合其常闭触点，断开 KM 线圈回路，使电动机停转，停止注水。待水箱里面的水用完，水位下降到下限时，KA1 再次吸合，接通接触器 KM 线圈电源，使水泵重新运转抽水。这样反复进行下去，达到自控水位的目的。如需人工操作，可将电路中的开关 S 拨到“手动”位置，按下按钮 SB1 可启动水泵电动机。按下按钮 SB2 可使水泵停止向水箱供水。

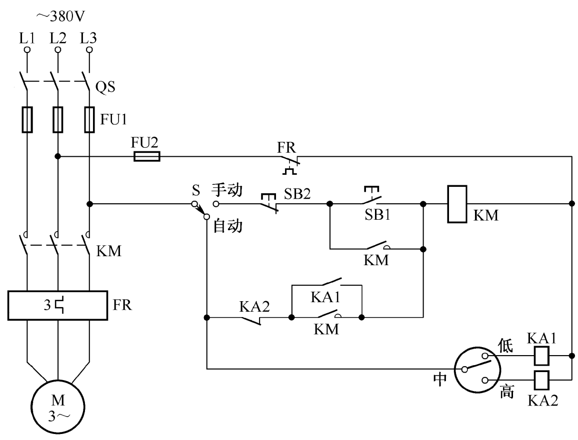


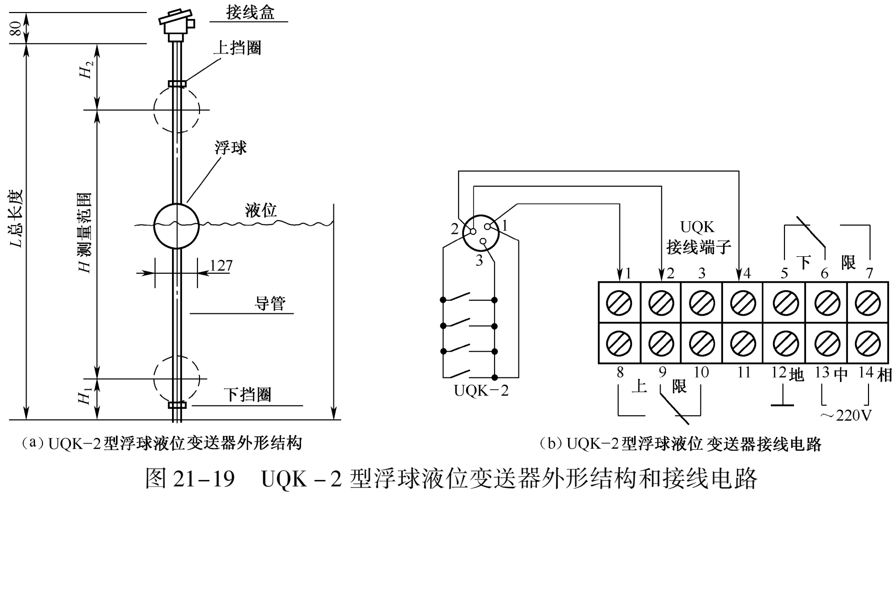
图 21-18　用电接点压力表做水位控制电路

电路中 KA1、KA2 继电器线圈电压为 380V。

21-19　UQK-2 型浮球液位变送器接线电路

UQK-2 型浮球液位变送器可用于多种场合的开口及在有压容器内进行液面连续检查。该仪表用不锈钢材料制造，耐腐蚀性强，适用范围广，其结构简单、工作可靠，不受被测介质电性能的影响，无泡沫，不会造成虚假液位的现象。

UQK-2 型浮球液位变送器工作原理：仪表由接线盒、导管、磁性浮球及挡圈组成，导管内装有磁敏器件和电阻骨架板。UQK-2 型浮球液位变送器外形结构如图 21-19（a）所示。当液面发生变化时，浮球沿导管随液面升降，在浮球磁场作用下导管内的磁敏器件依次闭合，从而得到正比于液位的电阻信号，实行对液位的连续检测。UQK-2 型浮球液位变送器接线电路如图 21-19（b）所示。



(a) UQK-2型浮球液位变送器外形结构　　(b) UQK-2型浮球液位变送器接线电路

图 21-19　UQK-2 型浮球液位变送器外形结构和接线电路

技术指标：测量范围为 0～7m；误差范围为±10～20mm；环境温度为-10～150℃；工作压力≥0.6MPa；测量区域为 1500m（上下两端）；安装形式为垂直于液面。

安装与接线：该仪表应垂直于液面安装，以减少浮球的阻力，在导管 H_2 段用 U 形卡紧固在容器壁上，离壁距离不小于 200mm，表总长度超过 3m 时，应考虑上下两端固定。

该仪表采用三线制，三根导线的电阻应不大于 5Ω，并且相互之差不大于 0.05Ω。注意：该仪表不能在强磁场条件下工作。

21-20　UQK 型浮球液位变送器（旧型号 GSK）接线电路

UQK 型浮球液位变送器用不锈钢制造，耐腐蚀性强，适用范围广。检测管中装有上下限位干簧管，装有磁钢的浮球随液位变化，使不同位置的干簧管动作，通过控制电路将液位控制在预定范围内。图 21-20（a）所示是 UQK 型浮球液位变送器外形结构。

性能指标：

（1）测量控制范围为 0.5～7m；

（2）被测介质相对密度≥1.0；

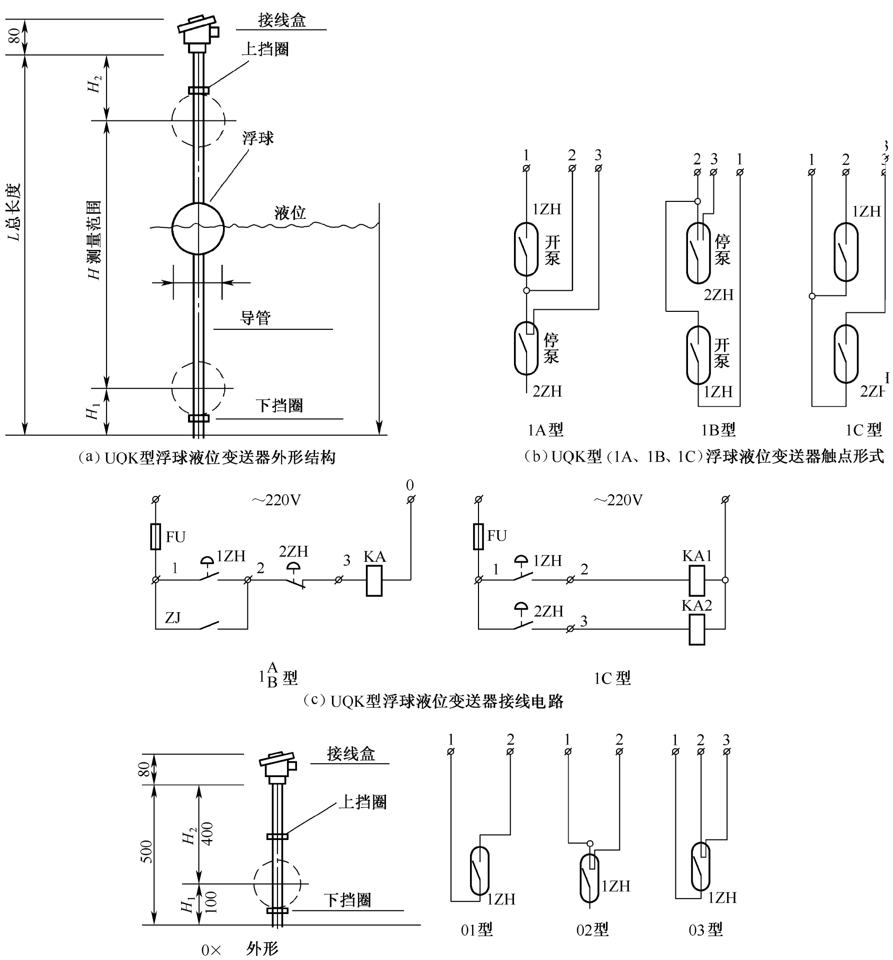
（3）被测介质黏度≥1.25St（$1St=1cm^2/s$）；

（4）触点容量：AC 220V，2A；

（5）工作环境；

（6）压力为 0.6MPa；

（7）温度为 40～150℃。



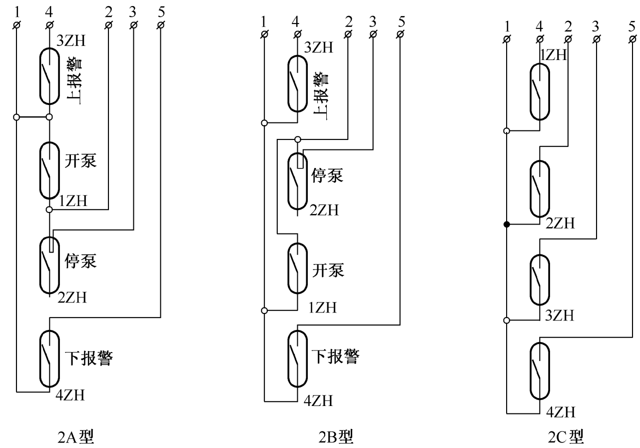
(a) UQK型浮球液位变送器外形结构

(b) UQK型（1A、1B、1C）浮球液位变送器触点形式

(c) UQK型浮球液位变送器接线电路

(d) UQK型（01、02、03）浮球液位变送器外形结构及触点形式

图 21-20　UQK 型浮球液位变送器



(e) UQK型（2A、2B、2C）浮球液位变送器触点形式

图 21-20　UQK 型浮球液位变送器（续）

UQK 型（1A、1B、1C）浮球液位变送器触点形式如图 21-20（b）所示，UQK 型浮球液位变送器接线电路如图 21-20（c）所示。

使用与安装：该仪器应垂直安装在被测容器内，尽量远离进液口，避免液面波动影响精度，离壁距离不小于 200mm，接线盒高于逆流口 200mm，固定浮球上下限位挡圈，调整干簧管距离。

对于 01、02、03 型高液位自动断路器，当液位到达指定高度时，可输出通、断信号，供远距离报警或控制用，其外形及触点形式如图 21-20（d）所示。

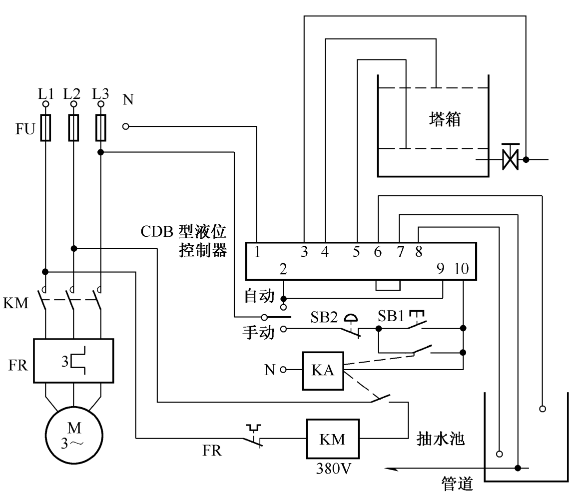
2A、2B、2C 型高液位自动断路器只是比 1A、1B、1C 型增加了下限位超位报警信号，UQK 型（2A、2B、2C）浮球液位变送器触点形式如图 21-20（e）所示。

21-21　GDB 型双池液位控制器电路

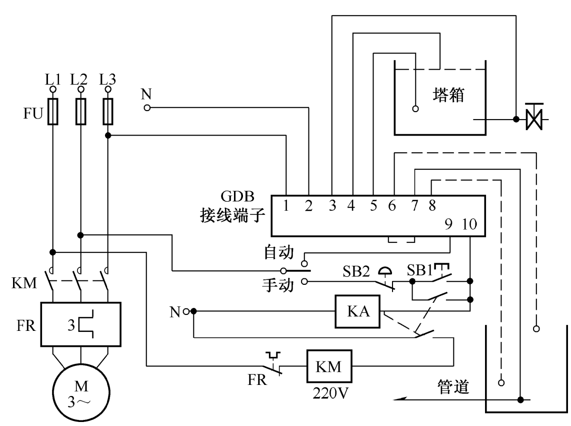
GDB 型双池液位控制器是由独特的大功率集成电路设计而成的，大大地提高了该仪器的灵敏度并延长了使用寿命，电极不受水垢的影响，箱体缺水时自动开机，水满后自动停机。同时可控制抽水池高液位自动开机、低液位自动停机，保证抽水泵无断水之类故障的发生，性能可靠。

GDB 型双池液位控制器电源为 AC 220V/50Hz，能耗≤3W，控制距离为 5～1000m，精度为±1mm。

安装时接线端子由左向右的顺序 1、2 接电源，3 接水箱搭铁，4 接上限，5 接塔箱下限，抽水池上限接 6，7 接搭铁，8 接下限（抽水池不需要控制时 6、7 短路），输出开关信号 9、10 按图 21-21 连接电控柜，即可实现池塔双控，池液位高开低停，塔液位低开高停。



(a) KM 线圈为 380V 控制接线图



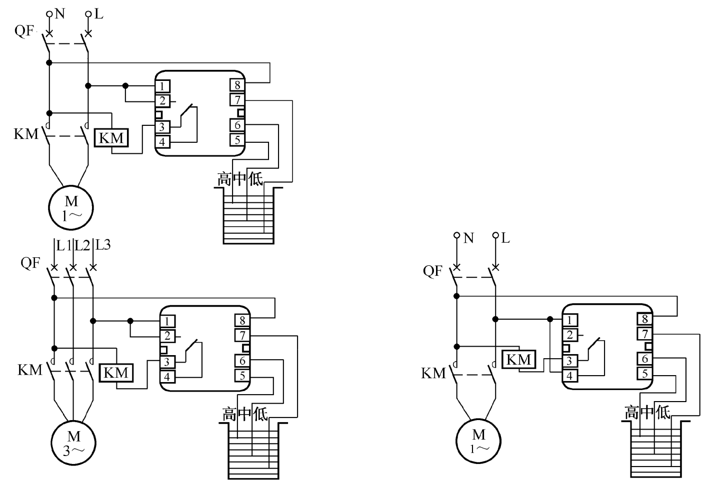
(b) KM 线圈为 220V 控制接线图

图 21-21　GDB 型双池液位控制器电路

注意事项：GDB 电源按图采用 L3 相，该仪器的限位电极应采用铁线制作，不得使用铝线。

21-22　供水、排水应用电路

在众多场合，需要水泵向水塔供水；也有很多地方，需要潜水泵或水泵向外排水，完成无人值守自动控制。这时，通常采用 JYB－714 系列液位继电器来进行控制，它工作可靠，接线简单方便，具体接线如图 21-22 所示。



(a) JYB－714B、JYB－714C、JYB－714
液位继电器供水方式接线图

(b) JYB－714B、JYB－714C、JYB－714
液位继电器排水方式接线图

图 21-22　JYB－714B、JYB－714C、JYB－714 液位继电器供水方式、排水方式接线电路

21-23　简易水位自动控制电路

图 21-23 所示是一个简易水位自动控制电路。当开关 S1 置于“自动”位置时，水泵电动机受继电器 KA 控制。合上开关 QS，水泵电动机启动运转，向水池中加水。当水位上升到高水位时，三极管导通，继电器 KA 吸合，其常闭触点切断接触器 KM 线圈通路，水泵电动机停转。当水位下降至中水位以上、高水位以下时，三极管的基极通过 KM 常闭触点接地，三极管继续导通，因此继电器 KA 继续吸合，水泵电动机不启动。当水位下降至中水位以下时，三极管因基极开路而截止，继电器断电释放，水泵电动机又启动。将 S2 置于“手动”位置时，可通过按钮 SB1、SB2 控制水泵电动机的启停。

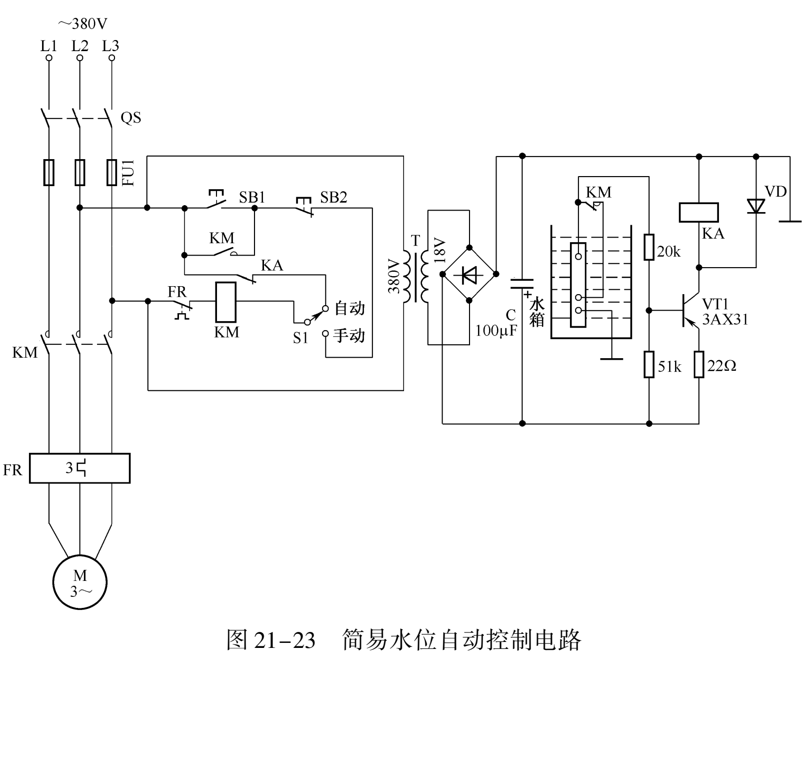


图 21-23　简易水位自动控制电路

21-24 全自动水位控制水箱放水电路

图 21-24 所示是一种三极管全自动水位控制水箱放水电路。当水箱水位高于 c 点时，三极管 VT2 基极接高电位，VT1、VT2 导通，继电器 KA1 得电动作，使继电器 KA2 吸合，因此接触器 KM1 吸合，电动机运行，带动水泵抽水。此时，水位虽下降至 c 点以下，但由于继电器 KA1 触点闭合，故仍能使 VT1、VT2 导通，水泵继续抽水。只有当水位下降到 b 点以下时，VT1、VT2 才截止，继电器 KA1 失电释放，致使水箱无水时停止向外抽水。当水箱水位上升到 c 点时，再重复上述过程。变压器选用 50V · A 行灯变压器,为保护继电器 KA1 触点不被烧坏，加了一个中间继电器。在使用中，维修自动水位控制电路时可把开关拨到“手动”位置，这样可暂时用手动操作启停电动机。

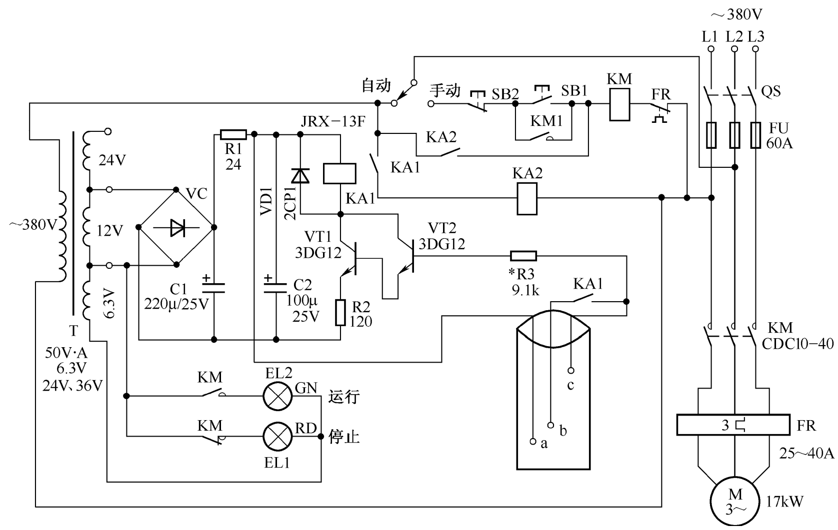


图 21-24 全自动水位控制水箱放水电路

21-25 改进的水位自动控制电路

图 21-25 所示是一改进的水位自动控制电路。在实际应用中，水箱里水面上下浮动，接触导电触点时通时断，造成接触器频繁吸合、释放，很容易烧坏接触器触点。在一般的三极管水位控制电路中，加一只电容 C3，使三极管的导通或截止时间延迟，不使接触器马上动作，即可保护接触器触点。本图为水箱水满后自动向外抽水电路。

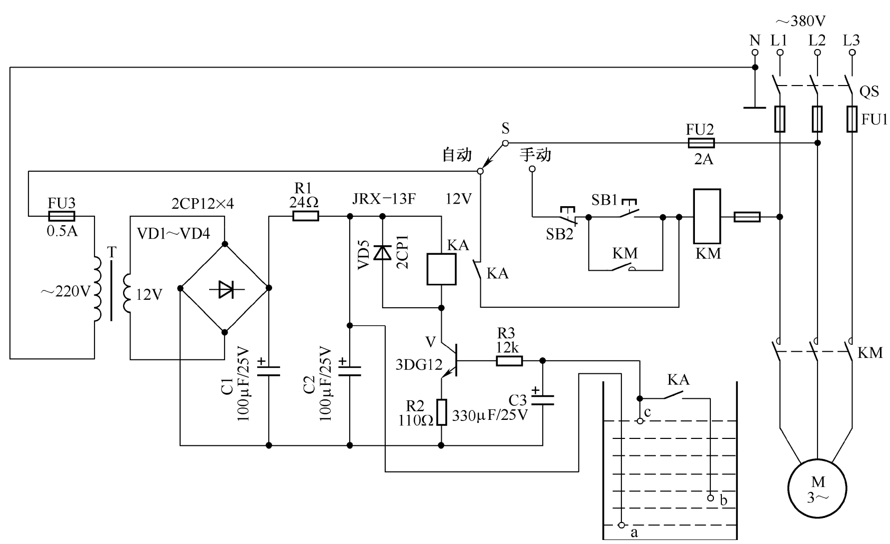


图 21-25 改进的水位自动控制电路

21-26 大型水塔自动控制供水电路

在自备大型水塔的单位，供水抽水泵电动机容量往往较大，一般在 40～75kW 之间。因此一般都采用人工看守水塔，并且应用降压配电柜来启动电动机。目前市场上虽有三极管自动水位控制器出售，但对大型水塔供水实现自动控制还有很多连接上的问题难以解决。

这里介绍一种能使大型水塔实现自动供水的控制电路，如图 21-26 所示。工作原理是：当 SS 拨到“手动”位置时，电动机配电柜正常启动，待降压启动完毕后，自动投入运行。当开关 SS 拨到“自动”位置时，水位自动控制器得电工作，此时如果水塔水箱水位下降到最低水位，则 VT2 截止、VT1 导通，这样使得继电器 KA1 吸合，中间继电器 KA2 也得电吸合，KA2 的常闭触点断开，而 KA2 的常开触点闭合，接通配电降压启动柜控制线圈回路，使 KM2 吸合，电动机进行降压启动。降压启动完毕后 KT 动作，接通 KA3，其常闭触点断开，KM2 失电，并使 KM1 运行接触器得电吸合，电动机正常运行。待水箱里面的水满后，VT2 导通，VT1 截止，使 KA1 释放，断开电动机配电柜控制电源回路，从而使电动机停止运行。

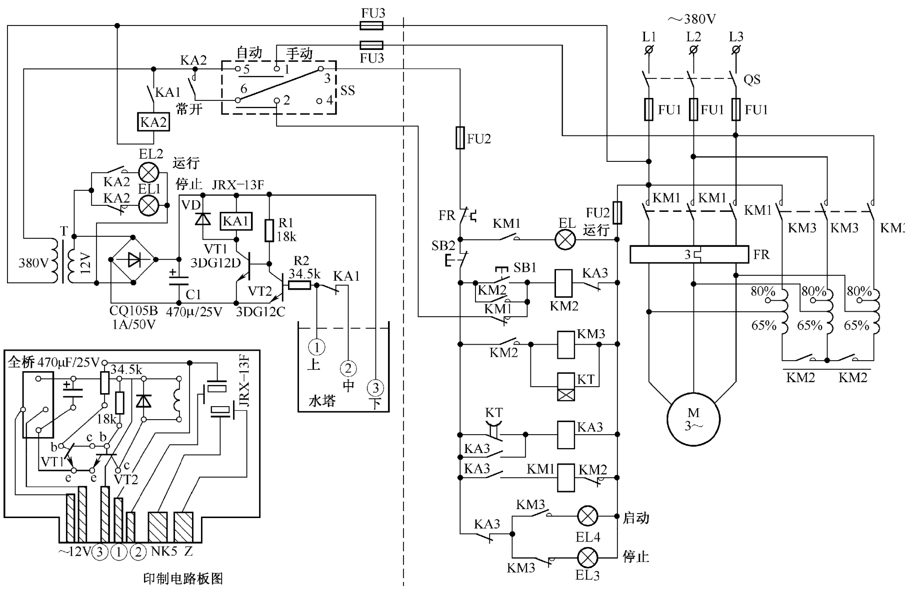


图 21-26 大型水塔自动控制供水电路

21-27 高位停、低位开的自动控制电路

用电接点压力表（温度表）可组成高位停低位开的自动控制电路，它可控制水位、压力、温度等。例如，热力站送热水进行供暖，测得温度达到高值时停止送热水，温度低到一定设定值时，电动机重新自动启动供热水，达到自动控制的目的。水位控制同理，能达到测量仪表在高位时电动机停止运行，低位时电动机自动启动。另外，电路还可通过开关手动切换为“自动”与“手动”，操作十分方便。举一反三，可组合出各种自动控制电路。图 21-27 所示是一种高位停低位开的自动控制电路。

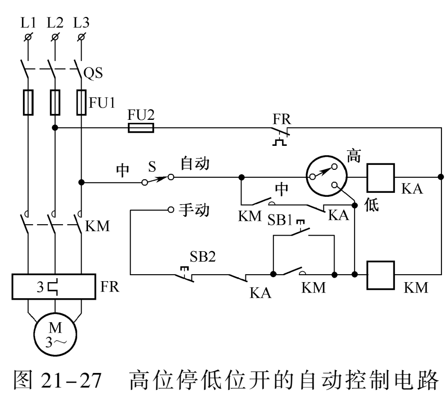


图 21-27 高位停低位开的自动控制电路

21-28 排气扇自动控制电路

为了防止使用家庭用热水器时忘开排气扇，废气不能顺畅排出而发生险情，可采用排气扇自动控制电路以保证室内通风安全，电路如图 21-28 所示。

图中的开关 S 置于“1”点时，可手动开启排气扇；置于“2”点时，排气扇处于自动工作状态。

当打开热水器时，热水器排气口温度明显升高，热敏电阻 R4 装在排气口上方，由于热传递，R4 温度升高，阻值增大，U_B升高，当 U_B大于 1. 4V 时，三极管 VT 导通，光耦合器工作，从而触发双向晶闸管 VS 导通，自动启动排气扇。

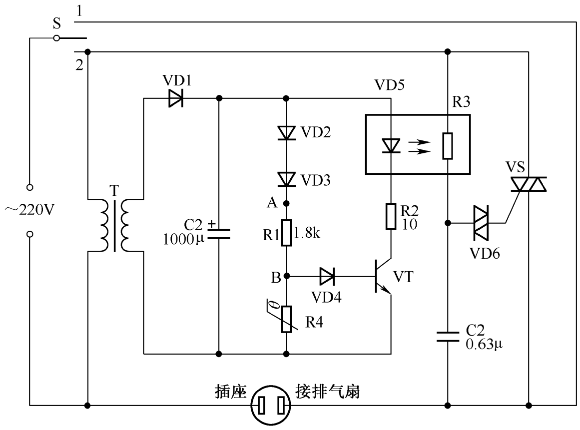


图 21-28 排气扇自动控制电路

第22章

电气保护电路

22-1　中性线断线简易保护电路

中性线断线简易保护电路如图22-1所示。当空气断路器QF上端有电时，剩余电流动作保护器正常工作，220V电源送到继电器线圈KC，其动断触点KC1、KC2断开。空气断路器QF合闸时，其动合辅助触点QF1、QF2闭合，但因继电器动断触点KC1、KC2已断开，空气断路器失压线圈QF仍然断电，使电路正常供电。当中性线发生断线故障时，因剩余电流动作保护器电源未形成回路而使继电器KC线圈断电释放，触点KC1、KC2闭合，空气断路器失压线圈QF通电而使其跳闸。

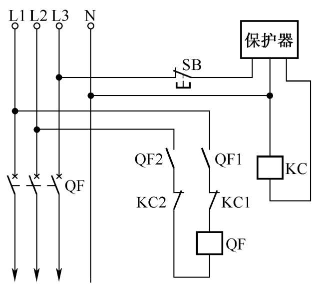


图22-1　中性线断线简易保护电路

22-2　用电器插座接零电路

将用电器插座的接地端接到三相四线制的零（N）线上，可达到保护接零的目的。它可用于家用电器的保护上，如洗衣机、电冰箱等，因这些家用电器工作在潮湿的环境中，其金属外壳易发生漏电。但应用此方法需要把插座的接地端直接接到进户前的零（N）线上，以确保安全，如图22-2所示。

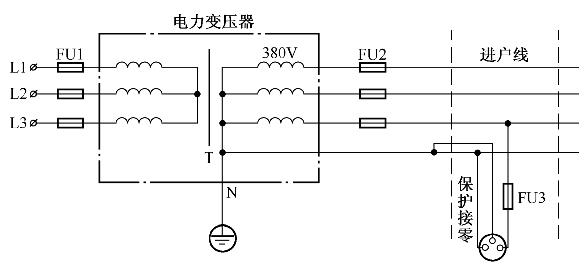


图22-2　用电器插座接零电路

22-3　羊角间隙避雷器、阀型避雷器电路

为了防止电气设备被雷电侵袭，需要采用避雷器做防护。使用羊角间隙避雷器（或称保护间隙避雷器），当过电压侵入时，羊角间隙放电，将雷电引入大地，从而保护电气设备不受损害，其接线方法如图22-3（a）所示。有的也利用阀型避雷器防止过电压，工作原理是当电路有过电压发生时，火花间隙被击穿而放电，阀片电阻下降，将雷电引入大地，其电路如图22-3（b）所示。

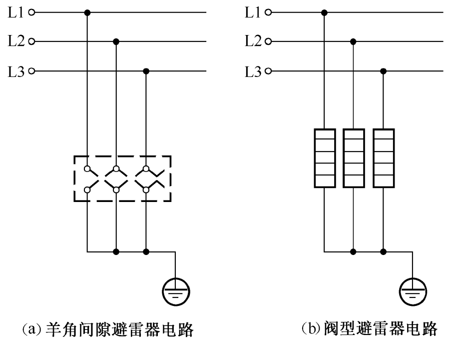


图 22-3　羊角间隙避雷器、阀型避雷器电路

22-4　采用隔离变压器与负载连接电路

采用隔离变压器可以在局部范围内避免触电事故，图 22-4 所示为 220/220V 隔离变压器接负载电路。由于隔离后的电路和用电设备对地是绝缘的，故当人体接触一根带电导线时也不会触电。但要防止人体同时接触两根带电导线，否则仍会有触电危险。

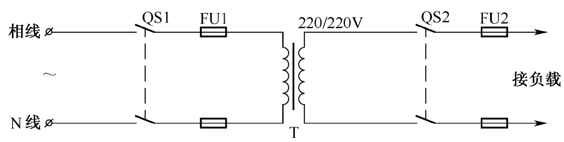


图 22-4　采用隔离变压器与负载连接电路

22-5　安全低压变压器电路

图 22-5 所示为安全低压变压器电线电路。为了避免触电事故，保障人身安全，一般在人经常触击到的地方采用低压变压器安全电压供电方式，如 12V、24V、36V 等。它常用于照明灯和美容及理发用具等用电器的供电。

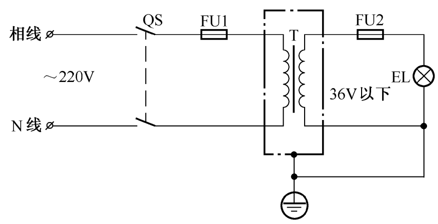


图 22-5　安全低压变压器电路

22-6　低压电压型触电保护器电路

安装低压触电保护器是一种有效的触电保护措施。图 22-6 所示是一低压电压型触电保护器电路。其动作原理是：当人触及到电路中的某根相线，与大地构成回路时，灵敏继电器动作，使交流接触器线圈失电，断开主回路电源。而当人脱离了电源以后，电路便能手动恢复供电。

在安装电压型保护器的电路中，中性点不允许重复接地，设备也不允许接零。如果保护器用于中性点不直接接地的电网中，则在中性点必须装低压避雷器等保护元件。

采用电压型触电保护电路做保护时，电路绝缘必须良好。它的缺点是电路漏电严重时，即使没有人触电，也将自动断开电源。另外，这种保护器能使变压器低压侧电网全部列入保护范围内，故动作时停电范围大，并且只适合在容量很小的电力变压器上使用。

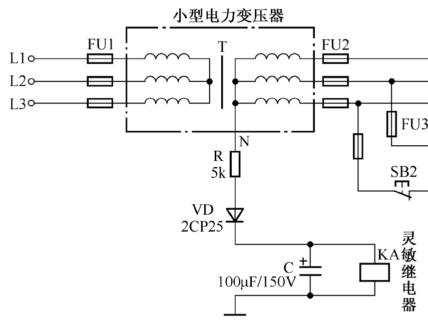


图 22-6　低压电压型触电保护器电路

22-7　简单电压型低压触电保护器电路

简单电压型低压触电保护器电路如图 22-7 所示。当发生触电事故时，电路经人体、大地、桥式整流及灵敏继电器和变压器中性线成一闭合回路，有电流流过。当电流达到灵敏继电器的启动电流值时，继电器 KA 吸合，断开交流接触器线圈回路中的常闭触点 KA，使交流接触器失电，切断电源，人体得到安全保护。图中 SB3 为模拟触电实验按钮。

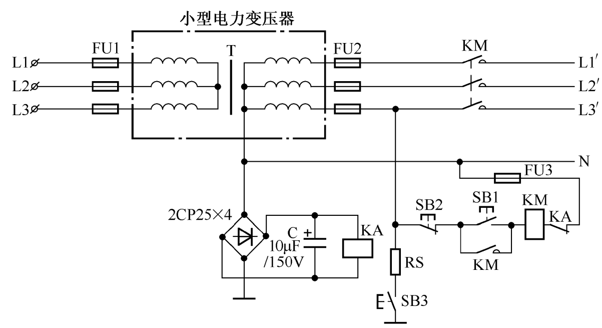


图 22-7　简单电压型低压触电保护器电路

22-8　电流型低压触电保护器电路

电流型低压触电保护器如图 22-8 所示。当电路发生触电事故时，电流经零序电流互感器、人体、大地到中性点成一闭合回路。此时零序电流互感器的二次侧因一次侧电流不平衡而产生电势和电流。这个电流经放大元件放大后，送往灵敏继电器的线圈，推动灵敏继电器动作吸合，把串联在交流接触器控制回路中的常闭触点打开，使交流接触器失压而切断电源，从而保证了人身安全。图中的 SB2 为模拟触电实验按钮。

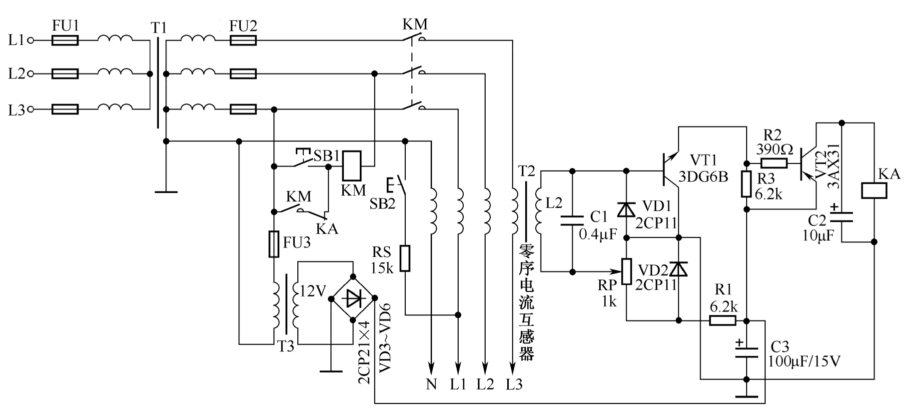


图 22-8　电流型低压触电保护器电路

22-9　消防栓按钮与火灾报警控制器电路

消防栓按钮与火灾报警控制器电路如图 22-9 所示。消防栓按钮是在有人发现火情的情况下可人为按下的按

钮。按钮将此开关信号转变成电信号，通过信号二总线传送到火灾报警控制器。每个消防栓按钮可以设定一个 1～240 之间的编码，并可通过软件给这个编码一个能在火灾报警控制器上显示的中文地址。控制器通过这个编码识别该消防栓按钮，从而在火灾报警控制器上报出该按钮的确切地址。

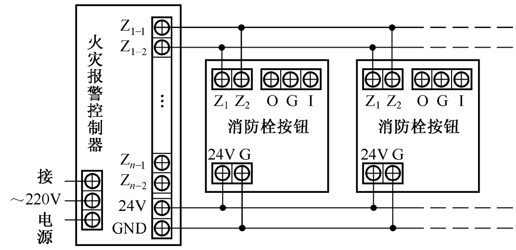


图 22-9　消防栓按钮与火灾报警控制器电路

22-10　电流型漏电保护器电路

电流型漏电保护器电路如图 22-10 所示。在正常情况下，通过零序电流互感器的一次侧（又称初级）电流为零时，二次侧（又称次级）感应电流也为零，无输出信号。当用电设备绝缘损坏发生漏电时，如果人接触带电部分，人体通过大地形成回路，电流互感器的二次侧将感应出信号来。当信号电流达到漏电动作电流值时，便会通过漏电脱扣器使断路器迅速自动断开电源，起到漏电保护作用，从而保证人身安全。

这种电流型漏电保护器分为二极、三极、四极等规格。在使用中，要经常检查漏电保护器在漏电时动作是否可靠。漏电保护器通常都安装有试验按钮，在电源回路中串联一个与人体阻值差不多的对地电阻，按下按钮开关，电流便会从负载相线经按钮通过电阻回到 N 线，这时模拟人体触电，达到人体通过电流后，内部小型灵敏继电器应能可靠动作，联动自动断路器跳闸，断开供电电源。

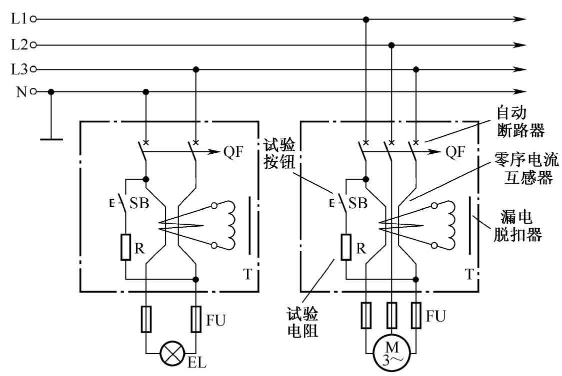


图 22-10　电流型漏电保护器电路

22-11　电度表的防雷接线电路

避雷装置应装在架空线进户内的低压进线处，可对电度表和低压电气设备进行避雷保护。将每个避雷器的上桩头分别与进户后的电源线相连，而下桩头则互相连接后接于避雷器地线上。对于火花间隙避雷器和氧化锌阀型避雷器，接线电路大致相同，也是一端与三相电源相连，另一端连在一起后接地。电度表的防雷接线电路如图 22-11 所示。

使用避雷器装置时应注意以下几点。

（1）在每年雷雨季节来到之前安装避雷器，安装完毕后应检查接线是否正确可靠。避雷器须做一次预防试验，验收合格后方可投入使用。

（2）在雷雨季节，电工要经常检查避雷器外部有无被雷电火花烧伤的痕迹，外壳有无裂纹等现象，如果发现损坏，要及时更换。

（3）避雷器接地线在雷雨季节到来之前要进行测试，接地电阻应小于 4Ω。

（4）雷雨季节后应使避雷器退出运行。

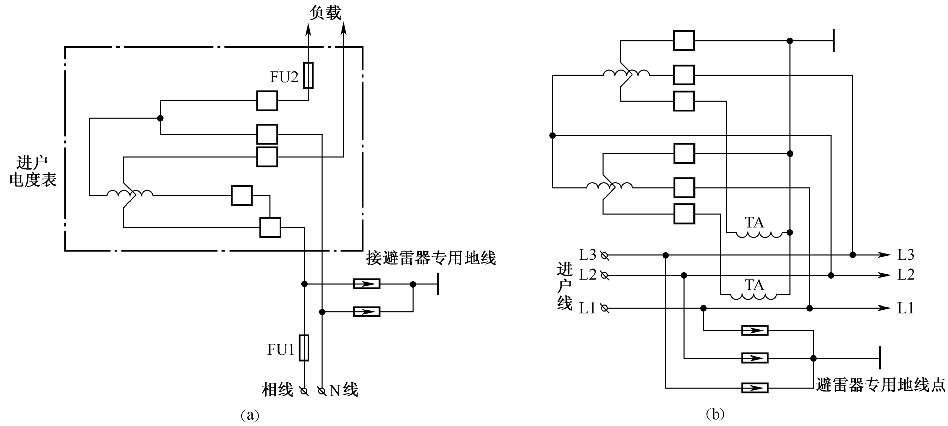


图 22-11　电度表的防雷接线电路

（5）农村避雷器接地线不可太长。在山区的农村，雷雨季节，电气设备遭受雷击的机会很多，须在低压架空电路上加装避雷器，而加装后的避雷器接地线不能太长，特别是在山坡上，因电路太长，土壤电阻增大，起不到避雷的效果，应使接地电阻小于 4Ω。

22-12　低压变压器短路保护电路

目前，机床的工作灯、行灯都采用低压变压器提供 36V 安全电压。由于灯具在使用中经常移动，极易发生短路故障，造成熔断器熔断甚至烧坏变压器。使用 36V 小型中间继电器或 36V 交流接触器作为变压器的通断开关，可避免烧坏变压器。

低压变压器短路保护电路如图 22-12 所示。闭合 S 后，按下按钮 SB1，变压器得电输出 36V 低电压，使得继电器或交流接触器 KA 吸合。松开按钮后，KA 自锁触点使 KA 保持吸合，继续使变压器接通电源。如果变压器二次侧发生短路故障，继电器线圈电压为零，此时 KA 便失电释放，将变压器电源断开，保护变压器不被损坏。

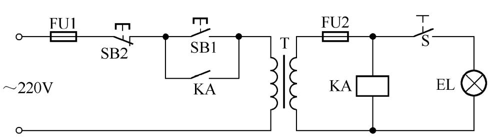
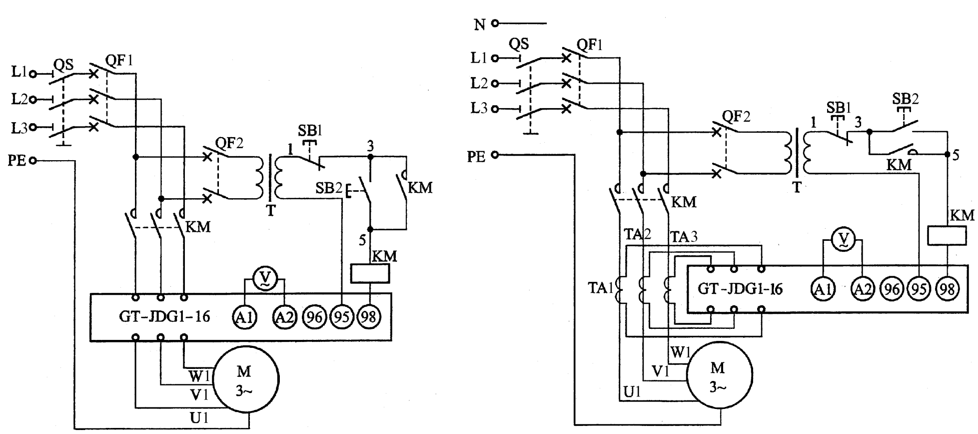


图 22-12　低压变压器短路保护电路

22-13　GT－JDG1（工泰产品）电动机保护器应用电路

GT－JDG1（工泰产品）电动机保护器应用电路如图 22-13 所示。



(a) 常见应用电路　　(b) 配合电流互感器使用的应用电路

图 22-13　GT－JDG1（工泰产品）电动机保护器应用电路

22-14　新中兴 GDH－30 数显智能电动机保护器应用电路

当电路电源正常时，保护器内部继电器不动作，其常闭触点闭合，为启动控制做准备。按下启动按钮 SB2，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机通入三相交流 380V 电源启动运转；当电路出现过载等故障时，电流互感器 TA1、TA2 互感电流变大，保护器动作，内部继电器线圈得电吸合，其常闭触点断开（端子 10、12），切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而起到保护作用。具体电路如图 22-14 所示。

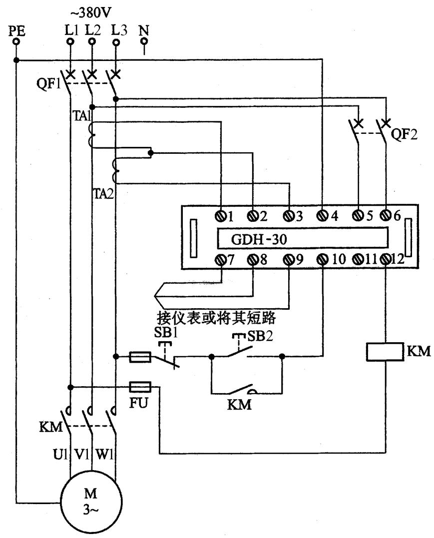


图 22-14　新中兴 GDH－30 数显智能电动机保护器应用电路

22-15　JD－5 电动机综合保护器应用电路

JD－5 电动机综合保护器应用非常广泛，当电动机在运转过程中出现断相、过流等故障时，综合保护器内部触点动作，切断控制交流接触器 KM 线圈回路的电源，使交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，从而及时切断电动机电源，使其失电停止运转，起到保护作用。具体电路如图 22-15 所示。

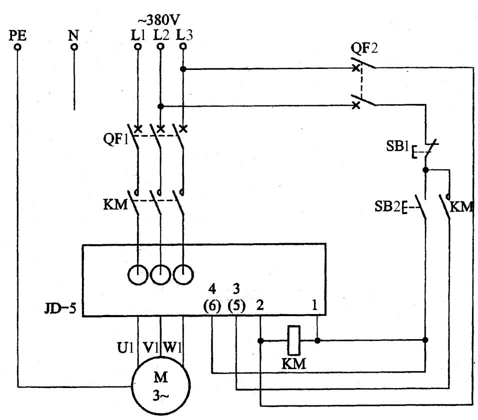


图 22-15　JD－5 电动机综合保护器应用电路

22-16　CDS11 系列电动机保护器应用电路

电路采用 CDS11 系列电动机保护器对电动机过载、堵转、断相、三相不平衡等故障进行保护。

启动时，按下启动按钮 SB2（3－5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电启动运转，电动机保护器投入电路运行；同时，KM 辅助常闭触点（1－7）断

开，指示灯 EL1 灭，KM 辅助常开触点（1－9）闭合，指示灯 EL2 亮，说明电动机已启动运转了。

当电动机在运转过程中出现过载、堵转、断相或三相不平衡故障时，CDS11 电动机保护器内部继电器动作，其内部常闭触点断开，切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。同时，KM 辅助常开触点（1－9）断开，指示灯 EL2 灭，KM 辅助常闭触点（1－7）闭合，指示灯 EL1 亮，说明电动机已停止运转了。具体电路如图 22-16 所示。

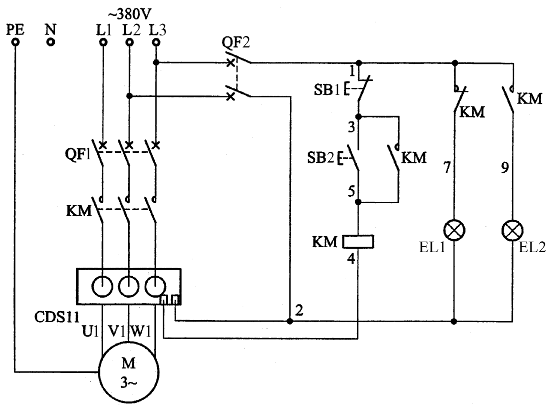


图 22-16　CDS11 系列电动机保护器应用电路

22-17　CDS8 系列电动机保护器应用电路

有的设备对电源相序要求非常严格，不能出现相序错误，CDS8 系列电动机保护器具有相序保护功能。

图 22-17 中，EL1 为电源兼电动机停止指示灯；EL2 为电动机运转指示灯；EL3 为电动机断相、相序错误故障外接指示灯。

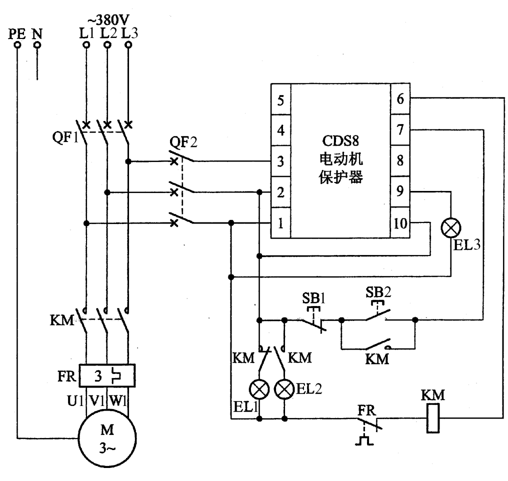


图 22-17　CDS8 系列电动机保护器应用电路

22-18　普乐特 MAM－A 系列电动机微电脑保护器应用电路

启动时，按下启动按钮 SB2，交流接触器 KM 线圈通过保护器内部常闭触点 4、5 形成回路而得电吸合且 KM 辅助常开触点闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电启动运转。

当电动机出现过载、断相、堵转、短路、三相不平衡等故障时，保护器内部触点 4、5 断开，切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，起到保护作用。

保护器还有欠载功能，按下启动按钮 SB2，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电启动运转。当保护器检测电流小于设定的欠载电流时，保护器将延时 10s，其内部触点 4、5 断开，切断交流接触器 KM 线圈电源，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。具体电路如图 22-18 所示。

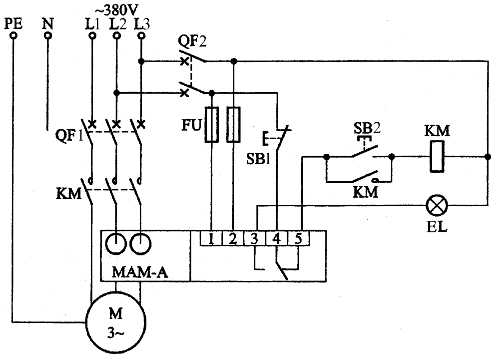


图 22-18　普乐特 MAM－A 系列电动机微电脑保护器应用电路

22-19　NJBK2 系列电动机保护继电器应用电路（一）

工作时，按下启动按钮 SB2，交流接触器 KM 线圈得电吸合且自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电启动运转。保护器端子 A1、A2 接交流 380V 电源，电动机工作正常时，NJBK2 电动机保护继电器内部继电器不能得电吸合，其内部常闭触点 95、96 处于闭合状态，控制回路正常工作。当电动机或电网出现过载、断相、三相不平衡、堵转、接地等故障时，电流互感器 CT 的二次侧有电流信号，此电流信号经运算放大器和 A/D 转换后，送至单片机进行信号处理，然后由 I/O 接口输出脱扣信号，使保护继电器线圈吸合动作，其内部继电器常闭触点 95、96 断开，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。具体电路如图 22-19 所示。

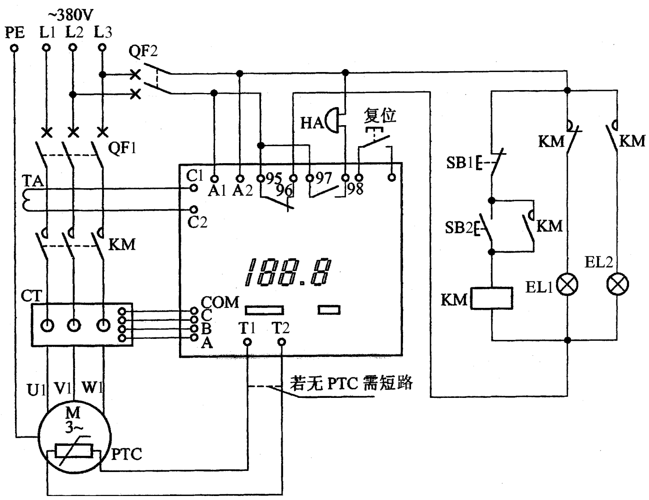


图 22-19　NJBK2 系列电动机保护继电器应用电路（一）

注意：若电动机绕组内未预埋 PTC 热敏电阻，则必须将控制器端子 T1、T2 短路。

22-20　NJBK2 系列电动机保护继电器应用电路（二）

当电源正常时，保护继电器内部常闭触点 95、96 闭合，常开触点 97、98 断开。

按下启动按钮 SB2，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电启动运转。

当电动机出现缺相、堵转、三相不平衡等故障时，电流互感器 CT 的二次侧有电流信号，经控制器内部运算放大器和 A/D 转换后，由单片机完成信号处理，并通过接口发出脱扣信号，使内部继电器常闭触点 95、96 断开，切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转；同时保护继电器内部常开触点 97、98 闭合，接通报警电铃 HA，使其发声报警。具体电路如图 22-20 所示。

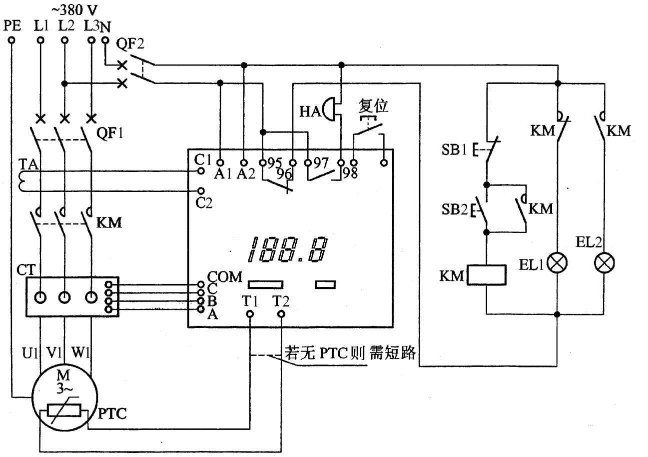


图 22-20 NJBK2 系列电动机保护继电器应用电路（二）

22-21 重载设备启动控制电路（一）

启动时，按下启动按钮 SB2（3－5），交流接触器 KM、得电延时时间继电器 KT 和中间继电器 KA 线圈同时得电吸合且 KM 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KT 开始延时。KA 并联在过载保护热继电器 FR 两只热元件上的常开触点闭合，将热元件短路，以防止电动机重载启动时，电流过大造成 FR 误动作。同时，KM 三相主触点闭合，电动机得电重载进行启动，此时无论电动机启动多长时间、电流多大，热继电器热元件 FR 都因被短路而不会动作。随着电动机转速的不断升高，当转速升至额定转速时（也就是 KT 的延时时间），电动机的电流降至额定电流以下，KT 得电延时断开的常闭触点（5－7）断开，切断中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 线圈断电释放，KA 并联在热继电器 FR 热元件上的常开触点断开，将热继电器投入电路工作，起到过载保护作用。至此，完成了重载设备启动控制。具体电路如图 22-21 所示。

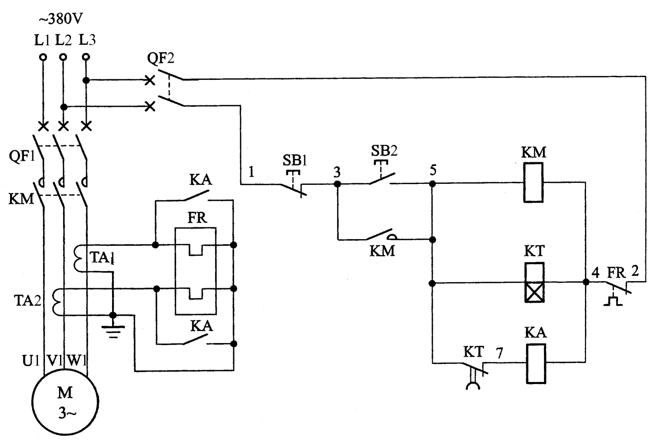


图 22-21 重载设备启动控制电路（一）

22-22 重载设备启动控制电路（二）

启动时，按下启动按钮 SB2（3－5），交流接触器 KM 和得电延时时间继电器 KT 线圈均得电吸合且 KM 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KT 开始延时。为了保证在重载启动时热继电器 FR 不会误动作，利用中间继电器 KA 的两组常闭触点将热继电器 FR 的热元件短路，使其不能动作。同时，KM 三相主触点闭合，电动机得电重载启动。当电动机的转速升至额定转速时，电动机的电流随之下降。经 KT 一段时间延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（5－7）闭合，接通中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 线圈得电吸合，KA 并联在热继电器 FR 热元件上的两组常闭触点断开，将热元件投入电路工作，以保证在电动机启动运转后出现过载时 FR 动作起到保护作用。至此，启动过程结束。具体电路如图 22-22 所示。

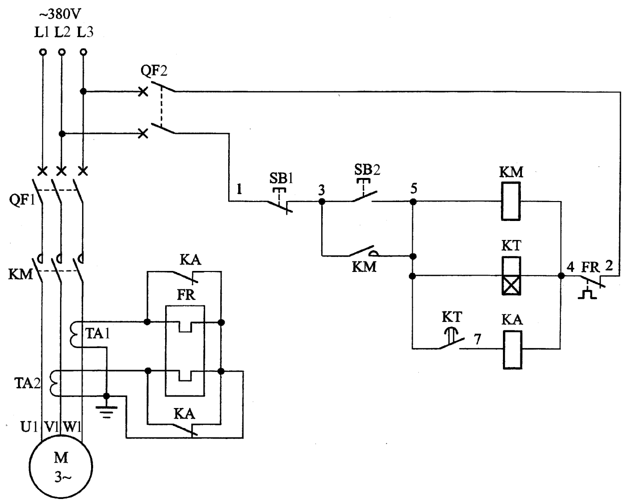


图 22-22　重载设备启动控制电路（二）

22-23　重载设备启动控制电路（三）

启动时，按下启动按钮 SB2，SB2 常开触点闭合后又断开，失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合后又断电释放且 KT 开始延时，KT 并联在热继电器 FR 热元件上的失电延时断开的两组常开触点立即闭合，将 FR 热元件接起来，以防止重载启动时启动电流过大，FR 误动作。按下启动按钮 SB2 的同时，SB2 常开触点闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电重载启动。经 KT 一段时间的延时后，电动机电流降了下来，当电动机电流小于额定电流时，KT 失电延时断开的常开触点断开，解除对热继电器 FR 热元件的短路，使其投入电路工作。这样，当电动机过载时，热继电器 FR 热元件就会发热弯曲，其常闭触点断开，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。具体电路如图 22-23 所示。

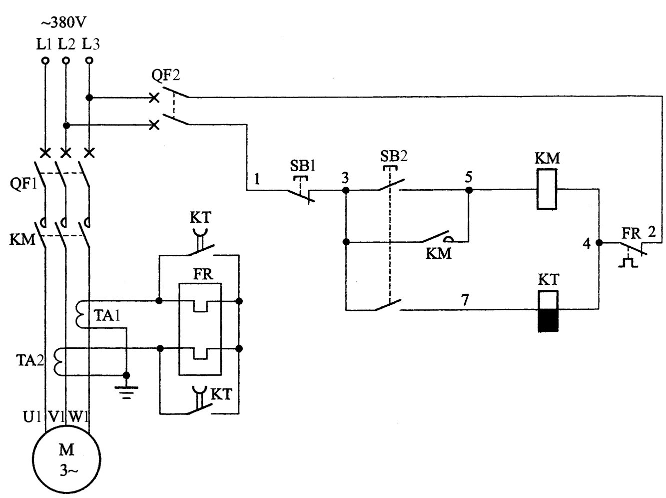


图 22-23　重载设备启动控制电路（三）

22-24　加密控制电路

启动时，同时按下启动按钮 SB2（3－5）和 SB3（5－7）不放手，得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 开始延时，经 3s 延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（3－9）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3－9）闭合自锁，其三相主触点闭合，电动机得电启动运转，同时，KM 辅助常闭触点（1－11）断开，KM 辅助常开触点（1－13）闭合，停止兼电源指示灯 EL1 灭，运转指示灯 EL2 亮，说明电动机已启动运转。

电路中两只按钮开关 SB2、SB3 可以安装在两个地方，以防止他人误按动。图 22-24 中，EL1 为停止兼电源指示灯；EL2 为运转指示灯；EL3 为过载指示灯。

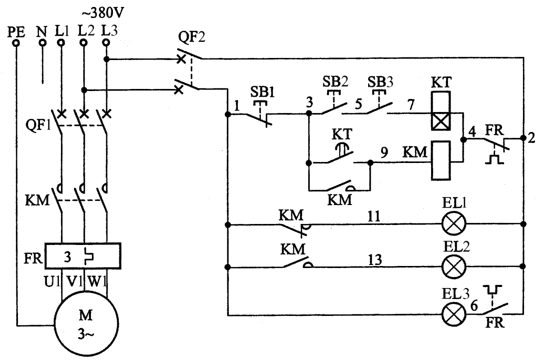


图 22-24　加密控制电路

22-25　电动机防盗窃报警控制电路

在电动机运转过程中，将转换开关 QS 拨至右端，电动机通常会失电停止运转。这时，三极管 VT3、VT2 的基极经电动机的绕组形成回路，使晶闸管 VS 关断，报警电路无法工作，扬声器 BL 不发声。当有人盗窃电动机时，必然将电动机接线盒上的导线拆下，只要断开三相导线中的任意两相，就会使三极管 VT3 或 VT2 进入饱和状态，从而触发晶闸管 VS 导通，这样，将使 IC2 的输入端通入正向触发电压，其引脚 4 输出报警信号，再经三极管 VT1 放大后，扬声器 BL 发出报警声，以告知相关人员注意。具体电路如图 22-25 所示。

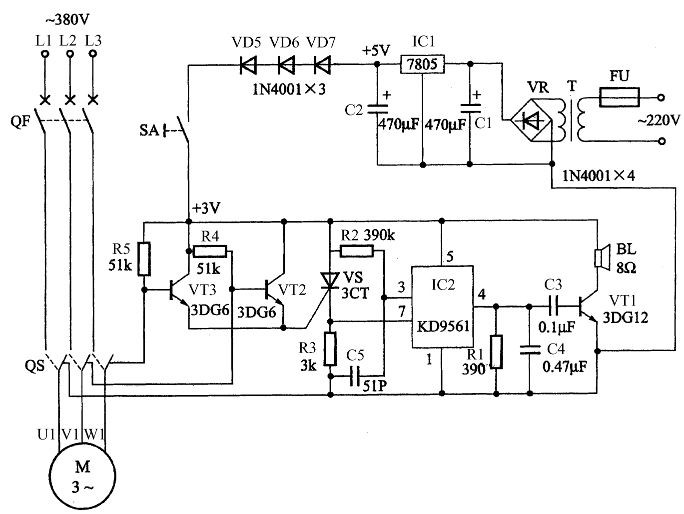


图 22-25　电动机防盗窃报警控制电路

需解除报警时，将开关 SA 断开后再合上即可。

22-26　SSPORR 固态断相继电器应用电路

启动时，按下启动按钮 SB2，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 的三组常开触点全部闭合，将电源 L1、L2、L3 相分别与 SSPORR 固态继电器端子上的 1、2、3 连接，SSPORR 通电工作，其端子 4、5 接通，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点闭合，与早已闭合的 KA 常开触点共同将中间继电器 KA 线圈回路自锁起来，KM 三相主触点闭合，电动机得电正常启动运转。

当电源出现断相故障时，SSPORR 固态断相继电器将检测到故障信号，其端子 4、5 断开，KM 线圈断电释放，KM 辅助常开触点断开，KA 线圈断电释放；同时，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。具体电路如图 22-26 所示。

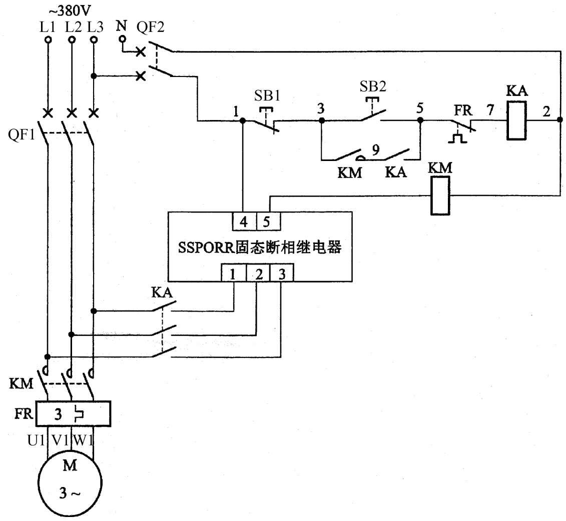


图 22-26　SSPORR 固态断相继电器应用电路

22-27　异地同时开机控制电路

启动时，若先按下甲地启动按钮 SB2，SB2 的一组常开触点（5－9）闭合，为接通交流接触器 KM 线圈回路做准备；SB2 的另一组常开触点（1－11）闭合，电铃 HA1 鸣响，告知乙地同时开机启动。当乙地听到甲地开机电铃鸣响后，随即按下乙地启动按钮 SB4，SB4 的一组常开触点（1－13）闭合，电铃 HA2 响，以告知甲地正在进行异地同时开机；SB4 的另一组常开触点（7－9）闭合，使交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（5－7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电启动运转。松开启动按钮 SB2、SB4 后，电铃 HA1、HA2 停止鸣响，从而完成异地同时开机控制。具体电路如图 22-27 所示。

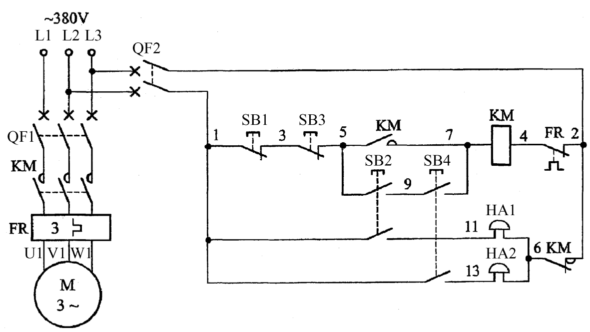


图 22-27　异地同时开机控制电路

停止时，任意按下甲地或乙地停止按钮 SB1（1－3）或 SB3（3－5），切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

22-28　用得电延时时间继电器完成的重载启动控制电路

启动时，按下启动按钮 SB2（3－5），得电延时时间继电器 KT、交流接触器 KM2 线圈得电吸合且自锁，同时 KT 开始延时，KT 不延时瞬动常开触点（3－11）与 KM2 辅助常开触点（11－13）均闭合，KM1 线圈得电吸合且自锁，KM1 三相主触点闭合，电动机得电启动运转；同时，KM2 三相主触点闭合，将热继电器热元件短接，此时虽然电动机启动电流偏大且启动时间较长，但由于热继电器中的三相热元件被 KM2 三相主触点短接，所以启动过程中不会出现启动未完成就误动作停机的现象。经 KT 一段时间延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（7－9）断开，KT、KM2 线圈断电释放，KM2 三相主触点断开，解除短路，热继电器投入运行，启动过程结束，电动机转为正常运转。具体电路如图 22-28 所示。

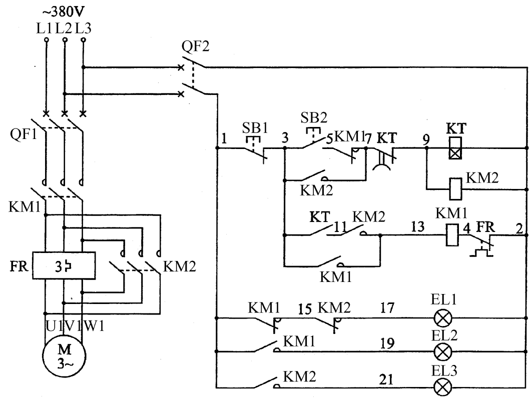


图 22-28　用得电延时时间继电器完成的重载启动控制电路

22-29　用 QM9403 型保护器对单相电动机进行保护电路

当电流传感器 TA 检测到的电流值大于整定值或温度传感器 RT 检测的温度高于整定值时，QM9403 型保护器动作，保护器引脚 4 无输出，切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而起到保护作用。具体电路如图 22-29 所示。

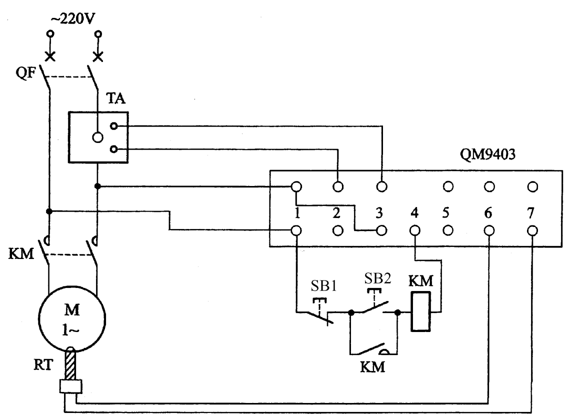


图 22-29　用 QM9403 型保护器对单相电动机进行保护电路

22-30　用 PTC 正温度系数热敏电阻对电动机进行过热保护电路

启动时，按下启动按钮 SB2，此时由于电动机处于正常不发热状态，PTC 正温度系数热敏电阻的阻值非常小，电源电压经 R1、Rt 加到双向晶闸管的门极上，双向晶闸管 VR 导通，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电启动运转。具体电路如图 22-30 所示。

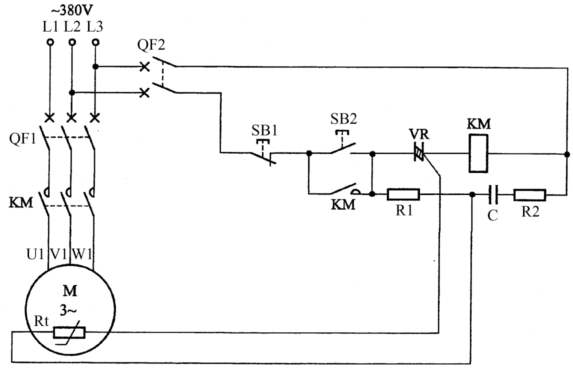


图 22-30　用 PTC 正温度系数热敏电阻对电动机进行过热保护电路

电动机过载时，其电动机绕组必然发热，使埋入电动机绕组内的 PTC 正温度系数热敏电阻的温度升至居里点，其阻值剧增，几乎为无穷大，属于开路状态，以致双向晶闸管门极电流小于维持电流而关断，切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而起到过载（过热）保护作用。

22-31 GDH－23 相序保护器应用电路

当三相电源相序正确时，GDH－23 相序保护器内部继电器吸合动作，其常开触点闭合，为交流接触器 KM 线圈回路提供操作条件。

启动时，按下启动按钮 SB2，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电启动运转。

当三相电源出现反相序时（即相序不正确），GDH－23 相序保护器内部继电器线圈断电释放，其常开触点断开，切断交流接触器 KM 线圈回路电源，使其不能进行操作，从而起到相序保护作用。

具体电路如图 22-31 所示。

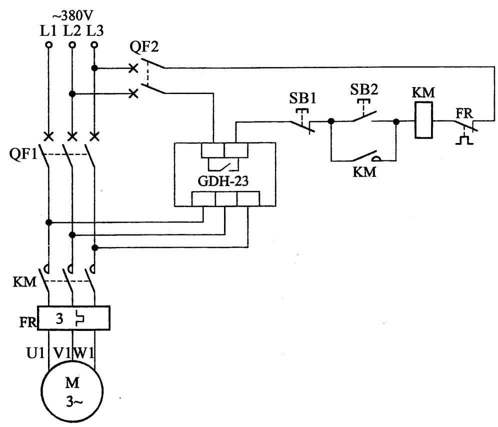


图 22-31　GDH－23 相序保护器应用电路

22-32 双华 ZNB－S 系列保护器在电动机正反转电路中的应用

无论电动机是正转运转还是反转运转，只要电动机出现断相、过载故障，ZNB－S 系列保护器内部控制触点 3、4 就立即动作断开，切断相应交流接触器 KM1 或 KM2 线圈回路电源，KM1 或 KM2 线圈断电释放，其各自的三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而起到保护作用。具体电路如图 22-32 所示。

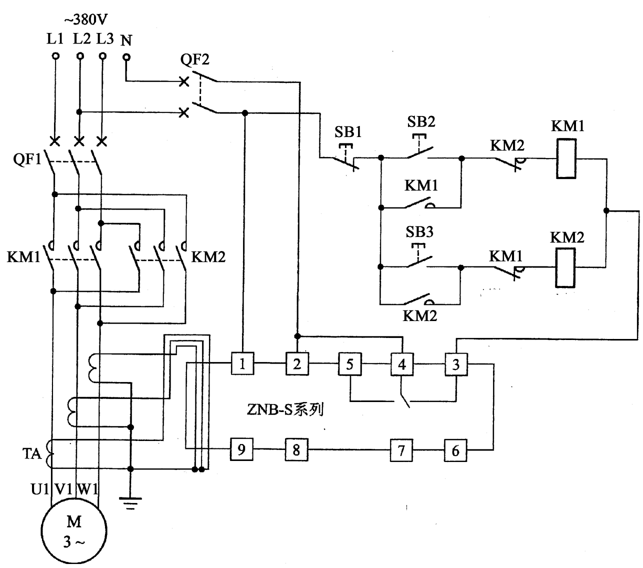


图 22-32　双华 ZNB－S 系列保护器在电动机正反转电路中的应用

22-33　气体报警电路

合上开关 SA，220V 电源经变压器 T 降压、VD1～VD4 整流、C1 和 C2 滤波、IC1 稳压后得到 +6V 电源。

无气体出现时，气敏元件 QM－N5 的 A、B 两端电导率非常小，时基电路 NE555 的引脚 4 被复位，由 NE555 组成的多谐振荡器处于停止工作状态，扬声器 BL 停止工作。

有气体出现时，气敏元件 QM－N5 的 A、B 两端电导率骤增，时基电路 NE555 的引脚 3 由低电平变为高电平，这时由 NE555 组成的多谐振荡器工作，扬声器发出声响，以告知有气体泄漏现象。

具体电路如图 22-33 所示。

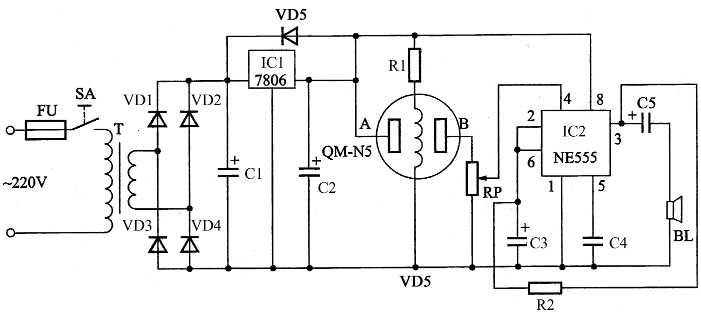


图 22-33　气体报警电路

第23章

信号指示电路

23-1　三相电源相序指示电路

任何供电、配电部门都应有相序检测装置，以确保供电相序稳定不变。任何不可逆转的机电产品本身也应具有相序检测装置，以便在主机投运前判别电源相序是否符合要求。三相电源相序指示电路如图 23-1 所示。

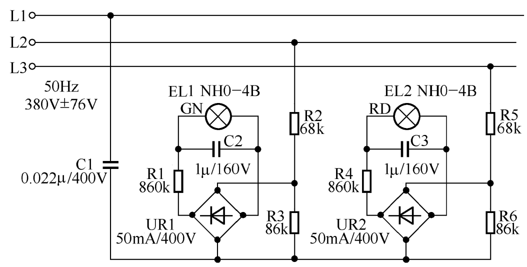


图 23-1　三相电源相序指示电路

当为顺向相序时，R3 上的电压经 UR1 整流，再通过 R1 向 C2 充电，当 C2 上的电压达到氖灯 EL1 的启辉电压时，EL1 点亮，发出绿光，C2 通过 EL1 放电；待 C2 上的电压低于一定值时，EL1 熄灭，C2 又重新充电，一会儿 EL1 又重新点亮，C2 重新放电……如此周而复始，绿色氖灯 EL1 不断闪烁。同理，当为逆向相序时，只有红色氖灯 EL2 不断闪烁。调整 R1、C2 和 R4、C3 的时间常数即可调节氖灯的闪烁频率。

23-2　三相电源缺相告知电路

当三相电源有一相缺电时，该电路不但能发声报警，还能根据指示灯判别是哪一相缺电。三相电源缺相告知电路如图 23-2 所示。

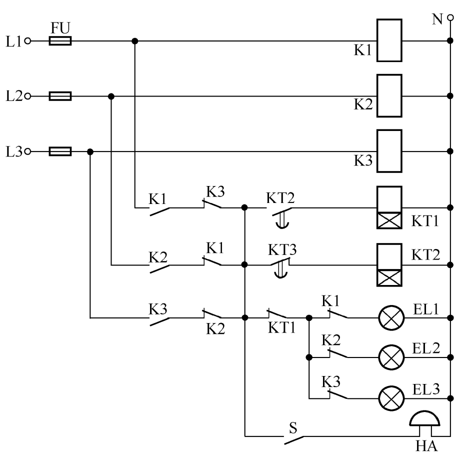


图 23-2　三相电源缺相告知电路

合上开关 S，在正常供电时，继电器 K1、K2、K3 都吸合，其各自的三个常闭触点都断开、常开触点都闭合，切断时间继电器 KT1 和 KT2、指示灯 EL1 ～ EL3 及电铃 HA 回路。当某相缺电时，如 L1 相缺电，这样使 K1 失电，其常闭触点恢复闭合状态，KT2 得电吸合，EL1 亮，HA 响铃报警。经过一段时间后，KT2 延时时间到，其常开触点延时闭合，使 KT1 得电吸合，KT1 常闭触点瞬时断开，切断 EL1 电源。经过一段时间 KT1 延时时间到，其延时断开触点断开，使 KT2 失电释放，KT2 常开触点断开，KT1 失电释放。KT1 常闭触点闭合，EL1 点亮。这样，EL1 就会闪烁发光。L2、L3 缺相报警指示与 L1 相同。于是，值班人员通过电铃便知道缺相了，看到哪个灯亮了，便知道是哪一相缺电。在排除故障期间，可把开关 S 断开，电铃便停止报警。

23-3　电气设备工作状态指示电路

用变色发光二极管不同的光色可指示出电气设备的工作状态，电气设备工作状态指示电路如图 23-3 所示。

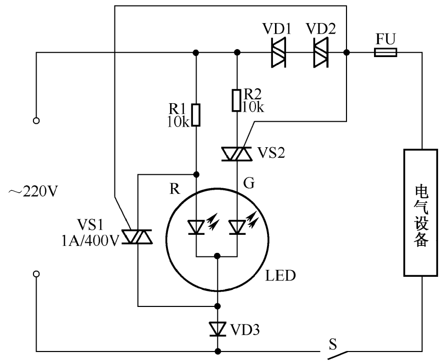


图 23-3　电气设备工作状态指示电路

接通电源，变色发光二极管 LED 中的红色发光二极管 R 通电发出红色光，指示 220V 电源供电正常，当合上开关 S，电气设备正常工作时，双向晶闸管 VS1、VS2 均导通。VS1 导通，因将 LED 中的红色发光二极管短路而熄灭，VS2 导通，使 LED 中的绿色发光二极管 G 发出绿色光，指示电气设备正常工作。若合上开关 S，电气设备断路或熔断器 FU 熔断时，虽合上了 S，但 VS1 仍指示电源供电正常（LED 发出红色光），绿色发光二极管不亮，说明电气设备、FU 或 S 回路有故障。

23-4　插座接线安全检测信号指示器电路

这里介绍一种具有七种功能的插座内部接线安全检测器，它可以测试单相插座内部接线是否正确，并能显示插座内部是否有安全可靠的接地保护措施，可作为家用电器插头的安全用电指示灯，还可用来专门检测插座的接线是否正确、安全。插座接线安全检测信号指示器电路如图 23-4 所示。

把插头插入插座时，假设会出现以下几种情况。

（1）插座内部接线正确，则所装绿色发光二极管 LED1、LED2 亮，红色发光二极管 LED3 不亮，证明用电安全、正常。

（2）插座保护接地线 PE 断线，则发光二极管 LED1 亮，而 LED2、LED3 不亮。

（3）插座接地线 PE 与相线相反，则发光二极管 LED1 不亮，LED2、LED3 亮，证明使用家用电器很危险。

（4）插座 N 线断线，则发光二极管 LED1、LED3 不亮，LED2 亮。

（5）N 线与相线相反，则发光二极管 LED1、LED3 亮，LED2 不亮。

（6）插座相线断线，则发光二极管 LED1、LED2、LED3 均不亮。

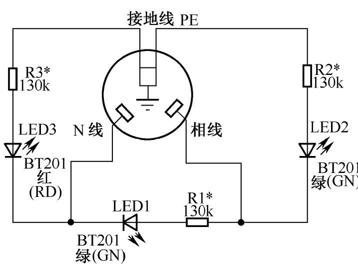


图 23-4　插座接线安全检测信号指示器电路

（7）插座保护接地线 PE 断线且家用电器外壳漏电，则发光二极管 LED1、LED3 亮，LED2 不亮，此时非常危险，应立即断开电源。

此电路只适用于插座带有接地保护装置的电路中。

23-5　红绿灯相序指示器电路

红绿灯相序指示器电路如图 23-5 所示，L2 或 L3 相电压由电阻器 R2、R3 或 R5、R6 分压，再将氖灯 EL1、EL2 经 R1、R4 并联到 R3、R6 上。这样在顺向相序时，R2 和 R3 上的总电压为 330V，R3 上的电压约为 198V，使 EL1 启辉点亮，发出绿光。当为逆向相序时，R5 和 R6 上的总电压约为 330V，R6 上的电压约为 198V，使

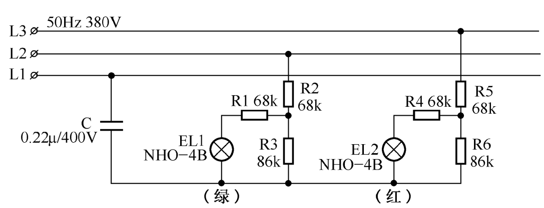


图 23-5　红绿灯相序指示器电路

EL2 启辉点亮，发出红光。

顺向相序绿灯点亮，逆向相序红灯点亮。

23-6 用一个变色发光二极管做机床电气运行、停止、过载指示电路

用一个变色发光二极管做机床电气运行、停止、过载指示电路如图 23-6 所示。工作原理是：在机床停止运行时，因交流接触器 KM 的常闭辅助触点闭合，6.3V 电源通过降压电阻 R1、保护二极管 VD 使红色发光二极管发光，作停止指示兼电源指示；机床运行时，KM 动作吸合、自锁，其常闭辅助触点断开，红色发光二极管熄灭，常开辅助触点闭合，6.3V 电源通过降压电阻 R2 和 VD 使绿色发光二极管发光，作运行指示；在机床过载时，热继电器 FR 触点断开，切断了 KM 的线圈回路电源，使其断电释放，常开辅助触点断开，绿色发光二极管熄灭，常闭辅助触点闭合，红色发光二极管点燃发光；与此同时，FR 常开触点闭合，接通了绿色发光二极管回路，使红色和绿色发光二极管均发光，呈现橙色光，作机床过载时故障信号指示。常用的双色发光二极管有 2EF 系列和 BT 系列，常用的三色发光二极管有 2EF302、2EF312、2EF322 等型号。

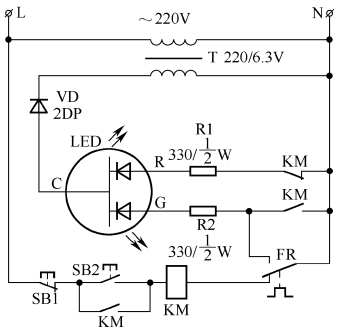


图 23-6　用一个变色发光二极管做机床电气运行、停止、过载指示电路

23-7 彩色三相指示灯电路

在一些重要的配电设施上（如行车滑车线上）都要设置电源三相指示灯，以提醒人们注意有电。三相指示灯可采用彩色（红、绿、黄）白炽灯作为指示灯。为节约用电，延长白炽灯使用寿命，可按图 23-7（a）或图 23-7（b）所示串联三个整流二极管。

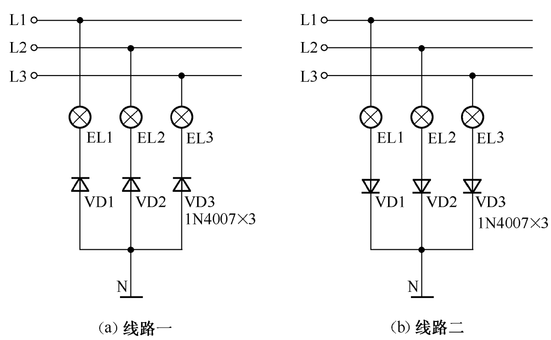


图 23-7　彩色三相指示灯电路

23-8 白炽灯闪烁发光电路

白炽灯闪烁发光电路如图 23-8 所示。当接通 220V 电源时，继电器 K 的常闭触点仍处于常闭状态，白炽灯 EL 点亮。此时电源经 VD1～VD4 作桥式整流，对电容器 C 充电，C 和 K 线圈上的电压逐渐上升。当 C 两端的电压上升到继电器吸合电压时，K 动作，其常闭触点断开，EL 熄灭。但由于 C 两端有较高的储存电压为 K 线圈提供吸合电能，所以 K 维持吸合。待 C 两端的电压低于 K 线圈维持电压时，K 释放，其常闭触点恢复闭合状态，EL 又被点亮。就这样，EL 周而复始地点亮、熄灭，形成闪烁发光的状态。K 取 JZ7－44 线圈电压为 220V 的中间继电器。S 为手动开关，起着电源开关的作用。

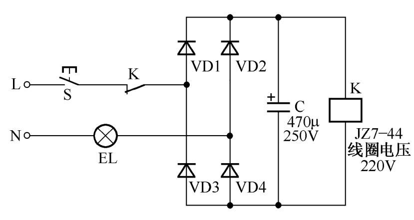


图 23-8　白炽灯闪烁发光电路

23-9 三路互备自投供电装置指示灯电路

在一些重要的用电场所，用电设备不允许中断供电，否则将造成很大的损失，通常装几路供电电路，相互备用。三路互备自投供电装置指示灯电路如图 23-9 所示。

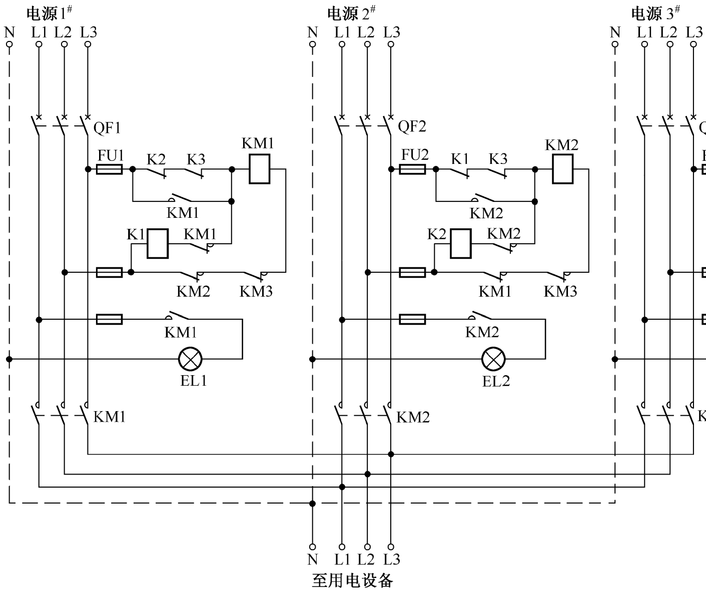


图 23-9　三路互备自投供电装置指示灯电路

电路利用了交流接触器在故障断电时自动依次切换备用电源。使用时，先随意启用任何一路电源，如电源 1#，手动合断路器 QF1，KM1 自动合上，其主触点动作，为用电设备提供电源；与此同时，KM1 辅助触点闭合，接通了指示灯 EL1 的电源，EL1 点亮，表示电源 1#开始正常工作。KM1 的另两对常闭辅助触点断开，切断了电源 2#、电源 3#的交流接触器 KM2、KM3 线圈的电源，从而确保只有电源 1#能正常供电。为了防止电源 1#出现故障，此时可以同时合上断路器 QF2、QF3。一旦电源 1#有故障不能供电，KM1 自动跳开，其触点恢复常闭状态，则 KM2 或 KM3 有可能自动投入运行，指示灯 EL1 熄灭，EL2 或 EL3 则会自动点亮。

23-10　潜水电泵缺相监测灯电路

若运行中的潜水电泵缺水，会造成电动机过热而烧毁。图 23-10 所示是一种潜水电泵缺相监测灯电路，能在某相缺电时使相应的指示灯自动熄灭，从而起到监护作用，提示电工停电检修，避免绕组烧毁事故的发生。

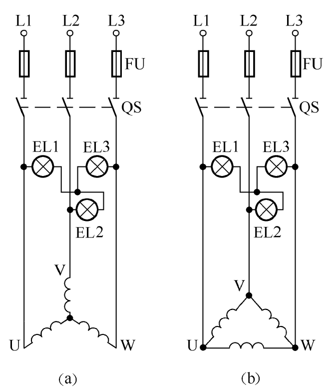


图 23-10　潜水电泵缺相监测灯电路

23-11　无功补偿并联电容器放电指示灯电路

无功补偿并联电容器可起到减少无功损耗的作用。无功补偿并联电容器放电指示灯电路如图 23-11 所示，白炽灯不仅起着电容器组 C 的放电电阻作用，还起着指示灯作用。在断开电源的瞬间，电容器组上的残留电压初始值为电容器组的额定电压值。为延长灯泡的使用寿命，一般选择功率相等的两个灯泡串联后，再接成Y形或△形直接并联在电容器组上。选用多大功率的灯泡取决于电容器组的容量。在放电过程中，开始时灯泡很亮，

然后逐渐变暗，如果灯泡完全熄灭，则表示电容器组放电结束。

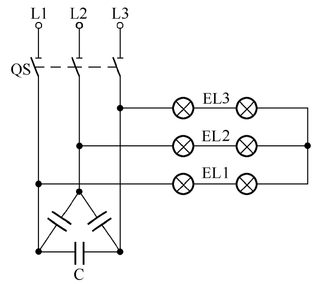


图 23-11　无功补偿并联电容器放电指示灯电路

23-12　简易绝缘检测器电路

如图 23-12 所示为简易绝缘检测器电路，X1、X2 为红黑表笔。监视电动机绕组对地绝缘的接线方法如图所示。合上隔离开关 QS，在相电压作用下，整个绕组和接地外壳之间的泄漏电流流过绝缘层和电阻 R1、R2。如果绝缘电阻合乎标准（即绝缘电阻值大于 0.5MΩ），则泄漏电流很小时，在 R2 上的电压降小于氖（Ne）灯的点亮电压，Ne 灯不亮；当任意两相或三相对机壳的绝缘电阻同时降低时，泄漏电流增大，使 Ne 灯点亮，从而可判定绝缘不合格。

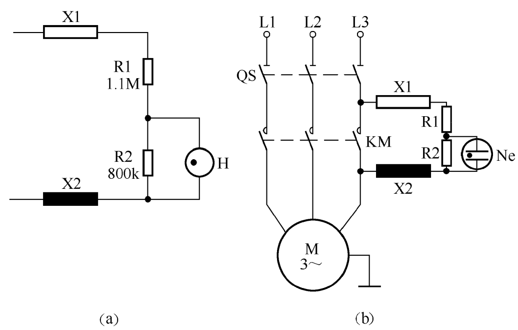


图 23-12　简易绝缘检测器电路

在没有 500V 绝缘电阻表时，可用此简单、实用、易做的绝缘检测器来判断绝缘状况。Ne 灯可用荧光灯启辉器中的氖灯代替。

23-13　自装交流电源相序指示器电路

用电阻、电容、氖灯可组成一个小型电源相序指示器。当电源按顺相序 L1、L2、L3 接入时，氖灯就亮；逆相序 L2、L1、L3 接入时则氖灯不亮，其电路如图 23-13 所示。

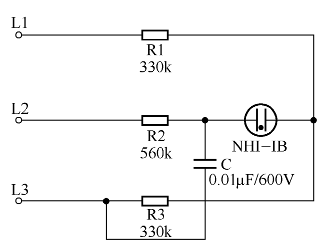


图 23-13　自装交流电源相序指示器电路

23-14　简易自装交流电源相序指示器电路

用一只 2μF、耐压为 500V 的电容和两个相等功率（220V/60W）的白炽灯泡，便可做成一个交流电源相序

指示器电路，如图 23-14 所示。

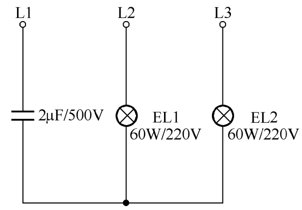


图 23-14　简易自装交流电源相序指示器电路

工作原理：电容移相后，改变了其中一相的相位差，使作用到 HL1 和 HL2 上的矢量电压不等，其规律是 L2 相矢量电压大于 L3 相矢量电压。故按图连接后，电容接电源 L1 相，那么可知灯泡光线较强的一端是 L2 相，光线弱的一端则为 L3 相。

23-15　用交流电源和灯泡测定电动机三相绕组头尾的电路

在电动机六根引出线的标记无法确认时，可利用交流电源和灯泡检查电动机三相绕组的头尾端，以免将绕组接错。

用交流电源和灯泡确定电动机三相绕组的方法是：首先用 36V 低压灯做试灯，分出电动机每一相线圈的两个线端，然后将两相线圈串联后接入 220V 电源，剩下的一相线圈两端接一个 36V 的灯泡，电路通入电源后，灯泡发亮，说明所串联的两相是头尾相接的；灯泡不亮，说明是头头相接，如图 23-15 所示。然后将测出的两相线圈头尾做一标记，再按此方法将其中一相与原来接灯泡的一相线圈串联，另一相连接灯泡，再按同样的方法判断，电动机三相绕组的头尾就很容易区分出来了。

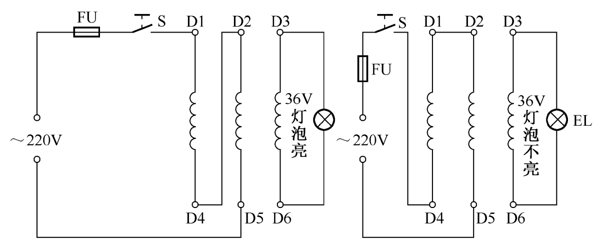


图 23-15　用交流电源和灯泡测定电动机三相绕组头尾的电路

23-16　用耳机、灯泡组成简易测线通断器电路

图 23-16 所示是一种最简便的电路通断检测器电路。当测得导线通路时，灯泡发光，耳机在通断瞬时会发响；当电路断路时，耳机不响，灯泡不亮。这种方法简单易行，非常适合初学电工制作工具、仪表，或代替万用表做测量，其优点是携带方便。

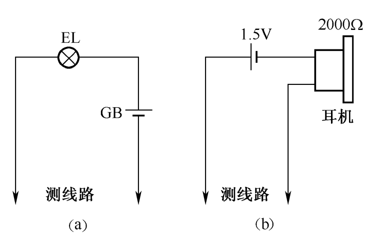


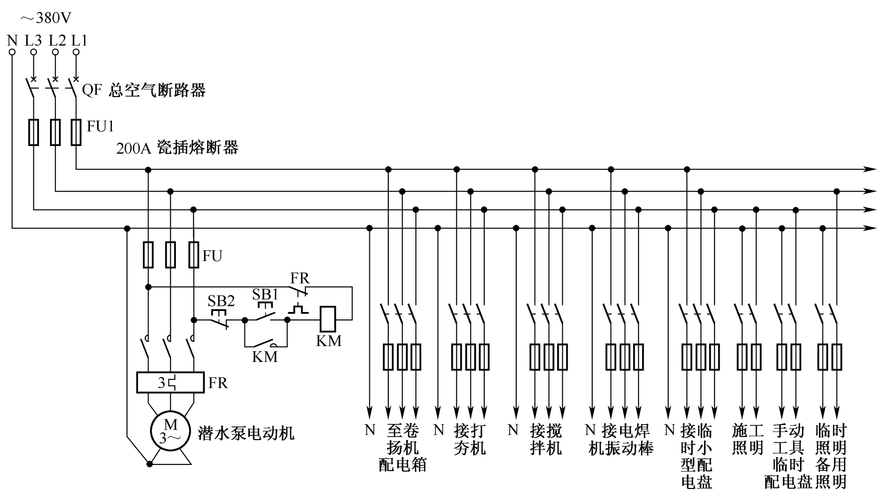
图 23-16　用耳机、灯泡组成简易测线通断器电路

第 24 章

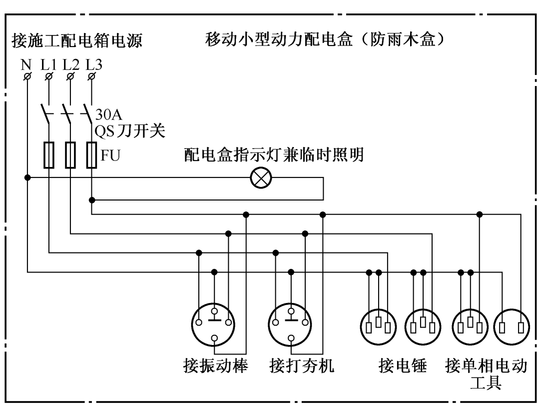
建筑电气常用电路

24-1　建筑装修施工工地用配电电路

建筑装修施工工地用配电电路如图 24-1（a）所示，施工配电设备根据其用电量及用电设备的实际要求装在防雨绝缘配电箱内，进而可设总保险、总电源开关、分路空气断路器、刀开关、单相照明刀开关及三相四线制的临时四眼插座和单相三眼插座等。另外，为了方便附近移动电动工具的使用，还可装一些防雨的小型配电盘，通过四眼插座和四芯橡皮电线连接到移动工具的现场，以使操作施工能及时断电。小型配电盘一般有一个四眼插头，通过四芯橡皮电缆线连接到移动工具的施工现场，并进入防雨的木制箱盒里。在绝缘板上装设总刀开关，刀开关上装设熔丝。另外可装分支刀开关及四眼插座和三眼插座。四眼插座可供移动振动棒、磨光机等移动电动工具使用，三眼插座可供手电钻、电锤、电刨等单相电动工具使用，如图 24-1（b）所示。



(a) 配电电路



(b) 移动小型动力配电盒

图 24-1　建筑装修施工工地用配电电路及移动小型动力配电盒

24-2　六层楼配电系统分配电路

在建筑、装修单位承建设计安装住宅楼房的照明工程时，一定要做到规范化、统一化、科学化。因此，在建筑施工住宅楼房时，要对每个房间的作用与用途有所了解，从而根据人们的生活、活动要求来设计布局照明电气的安装方式、安装位置，确定具体安装要求。其次要考虑到住宅所应用的各种电气设备对电源的要求，满足家庭电气化的需求。同时，要采取安全措施，达到安全供电的目的，使住宅照明供电设施尽可能规范、统一、安全、节约。安装的电器装置应美观、协调，有条件时应选用节电型电器装置。建筑楼房电气电路装备的原则如下。

（1）选择进户线的截面积大小时应使整栋楼房的总用电电流小于该导线的安全电流，并留有适当的裕度。进户线可采用 BLX 型铝芯橡皮绝缘导线，沿外墙敷设明线。进户线及干线的穿管管径应按穿线点截面放大一级来选择。

（2）进户总电流超过 30A 时，应选用三相五线制进户。除进户时三相四线制电源进入住宅楼房配电盘外，还要设置 N 线的重复接地，并单独引入一根接地线，住宅楼房室内的配电箱、导线钢管、插座接地孔应由专门进入的一根接地线来连接，这就是三相五线制供电。这根保护地线不得装设刀开关或熔断器，敷设时，应直通用户用电设备外壳，导线颜色应和照明 N 线分开。这根导线应选用铜导线，最小截面积应不小于 $1.5mm^2$；选用铝导线时，最小截面积应不小于 $2.5mm^2$。这根地线在进户时要求接地电阻小于 4Ω，有条件时在进入各用户处应加装漏电保护开关。

（3）在架空线或地下电缆进入住宅楼房总配电盘时，在墙外进户高度最好选择 2.5m。图 24-2 所示是六层楼配电系统分配电路。

（4）住宅楼房供电线进户后应设一总配电箱，这个配电箱开关能控制整栋住宅楼房用电，经开关后应装设总电度表。如果楼房住户较多，且用电量较大，可选用三相 5A 电度表并加装电流互感器来计量。例如，一栋 6 层住宅楼房有 4 个单元，每个单元有 12 户，根据一般用电要求，每户安装一块 5A 电度表，选择三相四线制 80A 电度表就可满足需要，进入每户时所装设的单相电度表应选用 5A 以上的单相电度表，配电箱及电度表均安装在墙壁内。

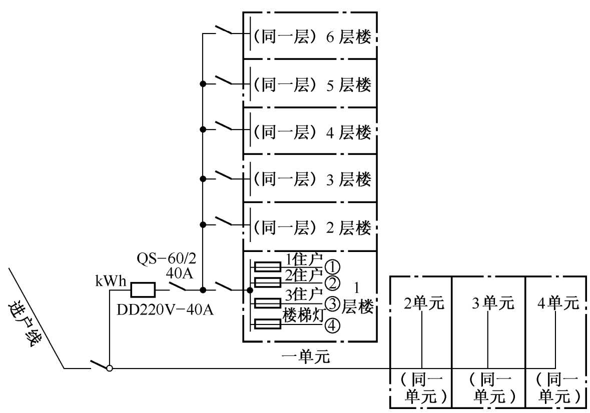


图 24-2　六层楼配电系统分配电路

（5）室内导线敷设，可选用 BLV 型铝芯塑料绝缘导线沿屋顶、楼面、墙壁敷设暗线。穿线管可选用薄壁钢管，如果用金属管，应在金属管两端采取接地措施，也可用 VG 型硬塑料管敷设电源照明暗线。

（6）住宅楼房中，每个房间应设计安装两组插座，一组为单相三孔插座，三孔插座最好选用扁圆孔两用插座，插座接地线一定要接通入此房间的专一保护接地线，不要与照明 N 线混接。厨房、卫生间应装设三孔插座，每个插座应按 800W 功率要求布线安装。

（7）住宅照明应按房间的用途确定灯具位置、安装灯头个数及安装灯具方式。灯具安装最好采用移动吊线式，以适应室内家具陈设的变化。

（8）建筑住宅楼房与地面高度如果超过 20m，就要按《建筑物防雷设计规范》安装避雷设施。整个住宅楼建筑物都要装设避雷线、防雷引下线、接地极等。接地装置均采取镀锌钢管、扁铁。接地电阻及引下线应按《建筑物防雷设计规范》的要求安装施工。

24-3　一室一厅配电电路

一室一厅住宅的配电电路如图 24-3 所示。施工人员对电路的作用、用途、容量等问题要考虑周全。一室一厅配电系统中共有三个回路，即照明回路、空调回路、插座回路。QS 为隔离开关，QF1、QF2 为双极低压断路器，其中 QF2、QF3 具有漏电保护功能。PE 为保护接地线。

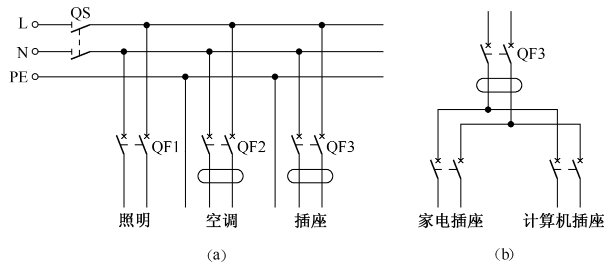


图 24-3　一室一厅配电电路

24-4　两室一厅居室电源布线分配电路

目前一般居室的电源线都为暗线，这就要求在建筑施工中预埋塑料空芯管，并在管内穿好细铁丝，以备引穿电源线。待工程即将完工时，把电源线经电度表及用户控制刀开关后通过预埋管引入居室内的客厅，客厅墙上方预留一暗室，暗室前为木制开关板，装有总电源刀开关，然后分别把暗线经过开关引向墙上壁灯。吊灯及电扇电源线分别引向墙上方天花板中间处。安装吊灯和吊扇时，两者之间要有足够的安全距离或根据客厅的大小来决定，如果是长方形客厅，可在客厅中间的一半中心安装吊灯，另一半中心安装吊扇，也可只安装吊灯（这对有空调的房间更为适宜）。安装吊扇处要在钢筋水泥板上预埋吊钩，再把电源线引至客厅的彩电电源插座、台灯插座、音响插座、冰箱插座及备用插座等用电设施。卧室应考虑安装壁灯、吸顶灯及一些插座。厨房要考虑安装抽油烟机电源、换气扇电源及电热器具插座。卫生间要考虑安装壁灯电源、抽风机电源、洗衣机三眼单相插座及电热水器电源插座等。总之要根据居室具体布局尽可能地把电源一次安装到位。图 24-4 所示是两室一厅居室电源布线配线参考方案之一。对于三室一厅的房间，基本上布线方式相同，只是增加了一个卧室，那么可根据卧室的使用特点加装荧光灯、吸顶灯、插座等。总之，室内布线要尽量做到安全、美观、合理、新颖，争取一次到位，与装修美化房间相配套。在选电源线时，允许通过电源的容量足够大，开关及插座要尽可能与用电器容量相配套。总的来讲，在施工中，可参考图 24-4 所示的电路布局，根据具体情况，设计出更好的切实可行的电路。

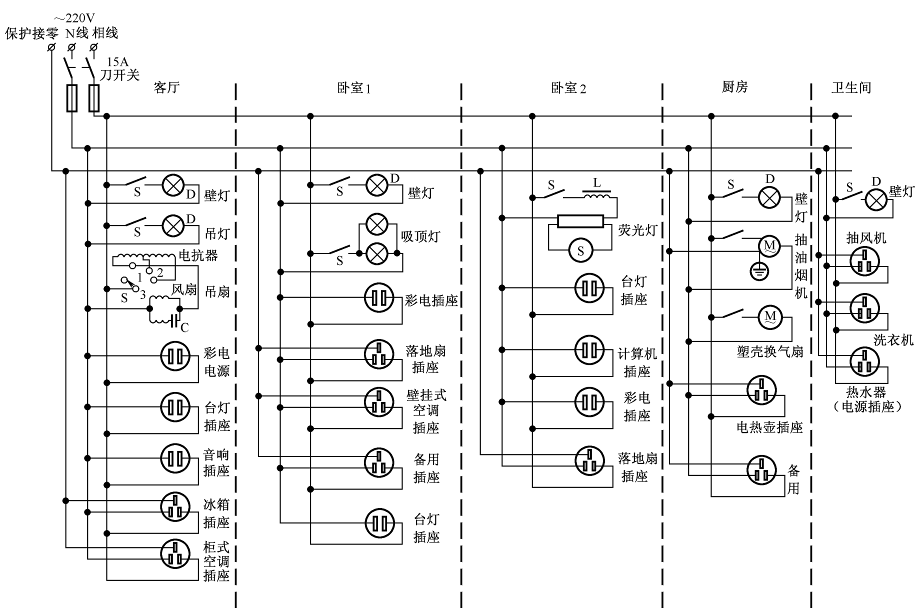


图 24-4　两室一厅居室电源布线分配电路

24-5　四室二厅配电电路

四室二厅配电电路如图 24-5 所示。它设计有 11 支路电源，如照明、插座、空调，其中两路作照明用，如

果一路发生短路等故障时，另一个能提供照明，以便检修。插座有三路，分别送至客厅、卧室、厨房，这样不至于使插座电线超负荷，起到分流作用。六路空调回路通至各室，即使目前不安装，也须预留，为将来安装做好准备。空调为壁挂式，所以可不装漏电保护断路器。

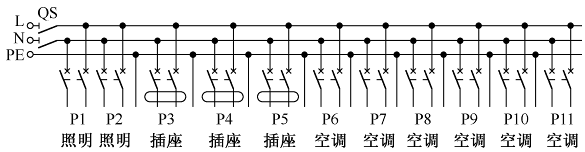
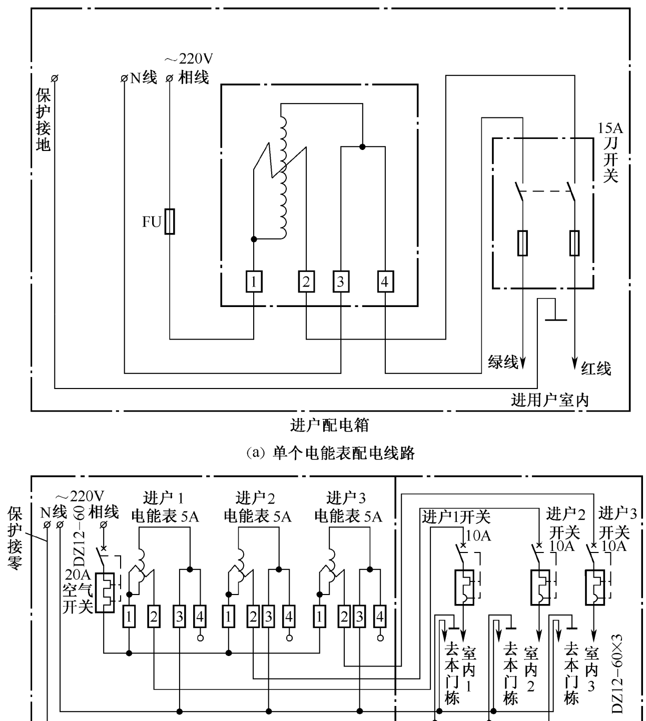


图 24-5　四室二厅配电电路

24-6　照明进户配电箱电路

用户照明住宅配电箱大都安装在楼房一层楼梯走廊处高 1.5m 的墙内。电源线可经过预埋管道敷设暗线，配电箱上对电度表留有玻璃瞭望孔，以便观测电度表读数。经过电度表后的控制刀开关，装在配电箱一角，用户可直接操作。常用照明进户配电箱电路如图 24-6 所示。电度表电流线圈 1 端接电源相线，2 端接用电器相线，3 接电源 N 线进入线，4 接用电器 N 线。总之，1、3 进线，2、4 出线后入户。



(a) 单个电能表配电线路

(b) 三个电能表配电线路

图 24-6　照明进户配电箱电路

电度表的额定电压为 220V、电流规格为 1（2）A 时，负载最小功率为 11W，最大功率为 440W；电度表为 2.5（5）A 时，负载为 27.5～1100W；电度表为 5（10）A 时，负载为 55～2200W；电度表为 30（60）A 时，负载为 330～13200W。

24-7　施工振动器电路

电动软轴偏心式振动器和电动软轴行星式振动器的电气电路如图 24-7 所示。它是由电源插头、四芯橡皮防水电缆线和电源开关 S、电动机组成的。这种电路比较简单，在施工场地有动力电源插座的地方（按相关规定，前级必须有漏电保护装置），只要把插头插入插座，合上刀开关即可使用。

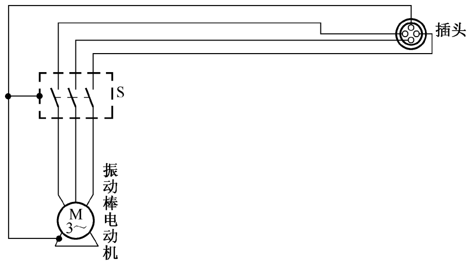


图 24-7　施工振动器电路

24-8　手动振捣器控制电路

振捣器是混凝土的捣实机械，它能产生较高的振动频率，来增加混凝土的和料流动性，排出混凝土中的空气，从而达到捣实混凝土的目的。

这种振捣器是通过一台三相绕线转子异步电动机同轴带动变频机组运行的，从而提高发电机的输出频率，在振捣器接于发电机输出端时，使振捣器的振动频率大大提高，达到振捣混凝土的目的。手动振捣器控制电路如图 24-8 所示。由于变频机组和振捣器电动机容量较小，故采用三相刀开关来控制电动机的启停。最好采用小型断路器控制，这样更安全可靠。

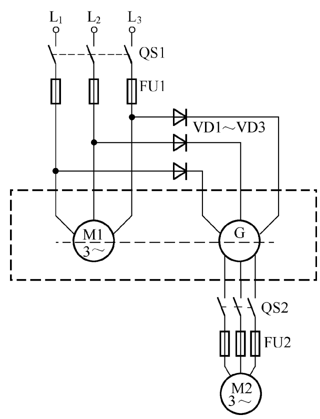


图 24-8　手动振捣器控制电路

24-9　用电流继电器控制机械扳手电路

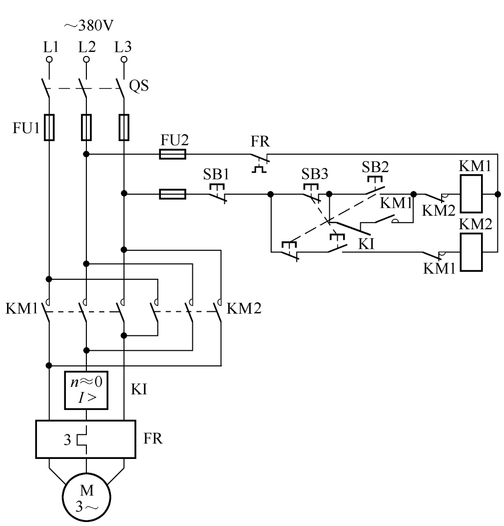


图 24-9　用电流继电器控制机械扳手电路

在自动控制中，有时需要根据电路中工作电流的大小来接通或分断某些工作电路。例如，龙门刨床的横梁由于工作需要，可在立柱上作上下移动，但在切削加工时则必须夹紧在立柱上。横梁的夹紧可由电动机拖动夹紧机构来实现。当夹紧力达到所要求的数值时，电动机的电流相应地增大到某一值，此时电动机必须停下来，否则电流和夹紧力过大，会使电动机及机件损坏。图 24-9 所示是一个用电流继电器控制机械扳手的电路。

按下按钮 SB2，线圈 KM1 通电，电动机正转，这时通过丝杆联动铁板向前推动，使放在工作台上的工件慢慢被夹紧。夹紧杆上紧后，电动机发生堵转，这时，电流增大，电流继电器 KI 动作，常闭触点断开，使线圈 KM1 断电，电动机停转，然后即可对工件进行操作。当加工完毕后需松开工件时，按下松开按钮 SB3，线圈 KM2 通电，电动机反转，松开工件。

24-10　圆盘切割机的控制电路

用于建筑及装修行业的圆盘切割机配用的电动机一般为 JO2 或 Y 系列四极小型电动机，功率为 2. 2kW，如图 24-10 所示。一般在操作切割机时，附近要安装一个三相 15A 刀开关，供给切割机电源。电源通过刀开关保险后，两相接操作手柄上的按键开关，而后接入电动机接线端 U1、V1 上，另一相电源可直接接入电动机 W1 线端。在使用这种切割机时，总电源只要合闸送电，即使电动机不运转工作，其内部绕组也一直带上一相电压，也就是说，电动机绕组有电。在维修时要特别注意这一点。

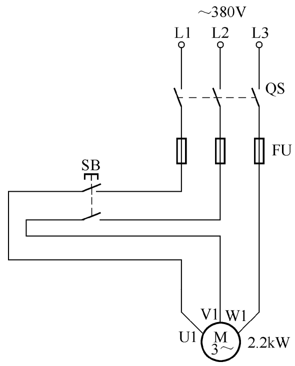


图 24-10　圆盘切割机的控制电路

24-11　两台水泵一用一备电路

图 24-11 所示电路采用一个五挡开关控制，当挡位开关置于“0”位时，切断所有控制电路的电源；当挡位开关置于“1”位时，1#泵可以进行手动操作启动、停止；当挡位开关置于“2”位时，1#泵可以通过外接电接点压力表送来的信号进行自动控制；当挡位开关置于“3”位时，2#泵可以进行手动操作启动、停止；当挡位开关置于“4”位时，2#泵可以通过外接电接点压力表送来的信号进行自动控制。

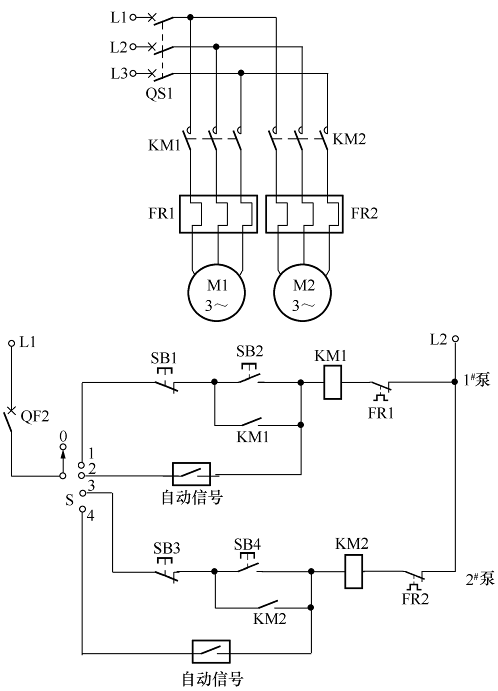


图 24-11　两台水泵一用一备电路

该电路在供水、排水工程及消防工程中均可使用。

24-12　混凝土搅拌机的电气控制电路

混凝土搅拌机是将具有一定配合比例的原材料（水泥、沙石、水及附加剂），按规定顺序和时间进行搅动拌和的机械，是建筑施工中的一种重要机械。混凝土搅拌机主要由搅拌机构、上料装置、给水系统等组成，混凝土搅拌机的电气控制电路如图 24-12 所示。

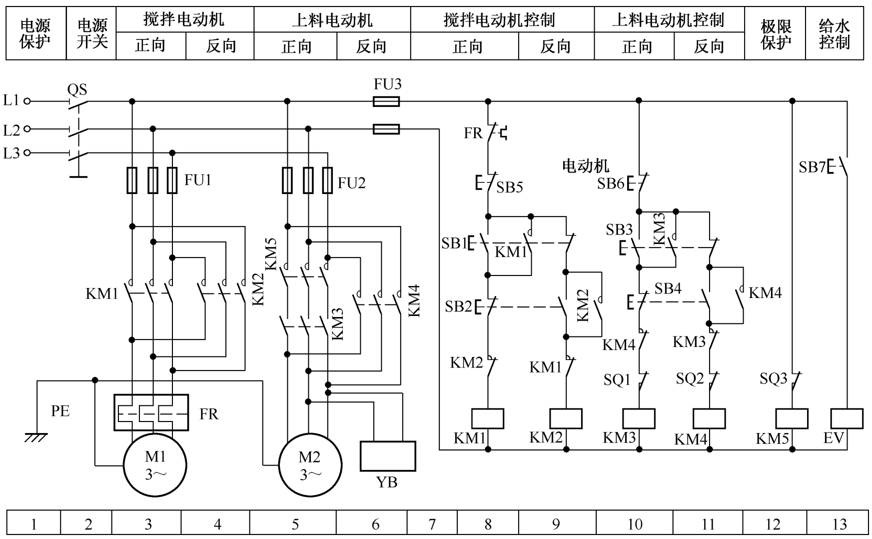


图 24-12　混凝土搅拌机的电气控制电路

（1）搅拌机构的控制。搅拌机构是通过电动机 M1 的正反向运转来工作的，电动机 M1 正转时进行搅拌，反转时将搅拌的混凝土排出。

搅拌过程：按下按钮 SB1，接触器 KM1 得电吸合并自锁，其主触点闭合，电动机 M1 得电正转，进行搅拌。

排料过程：按下按钮 SB2，SB2 常闭触点先断开，使接触器 KM1 失电释放，电动机 M1 停转。SB2 常开触点闭合，使接触器 KM2 得电吸合并自锁，其主触点闭合，电动机 M1 反转，将混凝土排出。停止时，只需按动 SB5 即可。

（2）上料装置的控制。上料装置是通过电动机 M2 的正反转运行进行工作的，电动机 M2 正转时料斗上升，M2 反转时料斗下降。在其上升、下降运行的极限位置都设有极限位置开关 SQ1、SQ2 加以保护。为了防止料斗负载运行时停电，以保证运行时的安全，采用电磁制动器 YB 作为机械制动装置。

料斗上升：按下 SB3，接触器 KM3 得电吸合并自锁，其主触点闭合，电动机 M2 正转，料斗上升。

料斗下降：按下 SB4，SB4 常闭触点先断开，使接触器 KM3 失电释放，电动机 M2 停转；SB4 常开触点闭合，使接触器 KM4 得电吸合并自锁，其主触点闭合，电动机 M2 反转，料斗下降。

料斗上升、下降的自动停车由限位开关 SQ1 和 SQ2 控制，在上升极限位置另设位置保护开关 SQ3，且配有限位接触器 KM5，当料斗上升到 SQ1 时，限位开关失控，料斗将继续上升至碰到 SQ3，使接触器 KM5 失电，其主触点分断，料斗立即停止运行。

为了使料斗能在规定位置或任何位置停下来，或避免突然停电而造成料斗下降，在料斗提升机 M2 主电路中增设了制动器 YB。

（3）给水系统操作。给水系统由电磁阀 EV 通电供水。

搅拌需要用水时，按下 SB7，电磁阀通电供水，松开按钮 SB7，停止供水。

24-13　锥形 JZ350 型搅拌机电路

锥形 JZ350 型搅拌机电路如图 24-13 所示。其工作原理是：当把水泥、沙子、石子配好料后，操作人员按下按钮 2SBF 后，2KMF 接触器线圈得电吸合，使上料卷扬电动机 M2 正转，料斗送料启动上升。当升到一定高度后，料斗挡铁碰撞行程开关 1ST 和 2ST，使 2KMF 断电释放。这时料斗已升到预定位置，把料自动倒到搅拌机内，并自动停止上升。此时操作人员按下下降按钮 2SBR，卷扬系统带动料斗下降，待下降到其料口与地面平齐时，挡铁碰撞行程开关 3ST，使 2KMR 接触器断电释放，自动停止下降，为下次上料做好准备。这时搅拌机料已

备好，操作人员再按下 3SB，3KM 接触器得电吸合，使供水抽水泵电动机 M3 运转，向搅拌机内供水，与此同时，时间继电器 KT 得电工作，待供水与原料成比例后（供水时间由 KT 时间继电器调整确定，根据原料与水的配比确定），KT 动作延时结束，从而使 3KM 自动释放，供水停止。加水完毕即可实施搅拌。按下 1SBF 正转按钮，1KMF 得电吸合，M1 正转搅拌，搅拌完毕后按下 1SB 停止按钮即可停止。出料时，按下 1SBR 按钮，M1 反转，即可把混凝土泥浆自动搅拌出来。然后按下 1SB，接触器 1KMR 断电释放，M1 停转，出料停止。

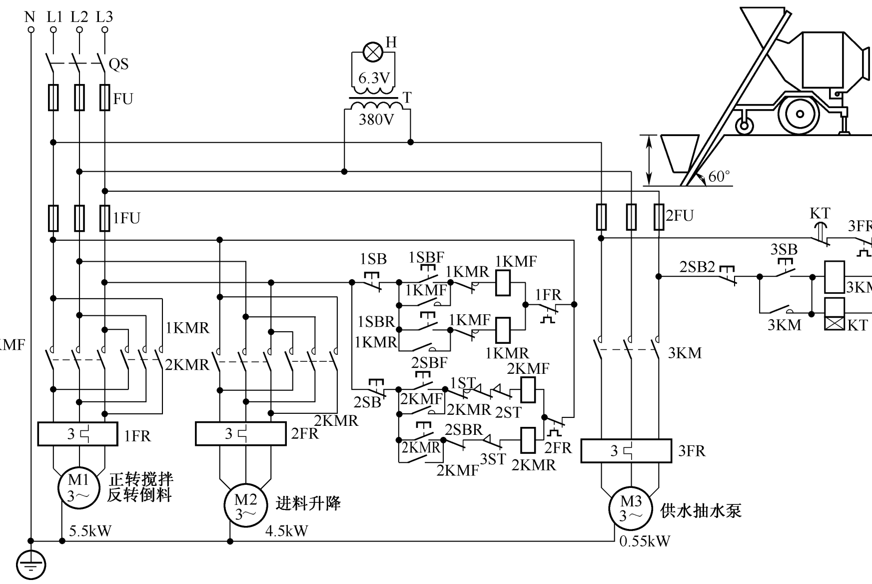


图 24-13　锥形 JZ350 型搅拌机电路

24-14　散装水泥自动称量控制电路

在建筑施工中，散装水泥通常放在储罐内储存，在需要水泥时，从罐中出料后通过散装水泥自动称量控制电路即可自动计数称量，如图 24-14 所示。

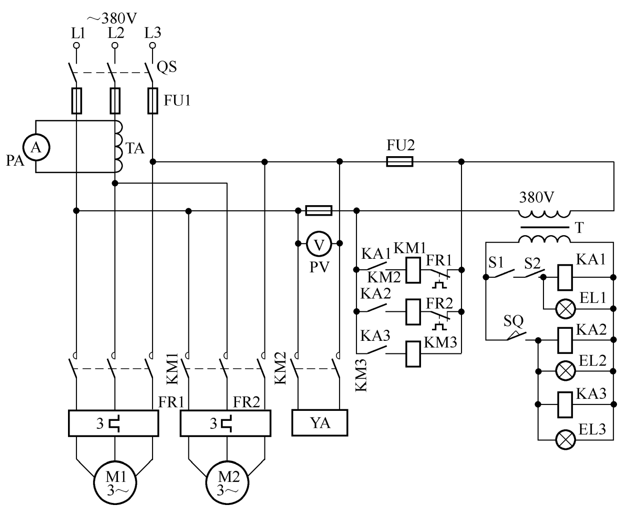


图 24-14　散装水泥自动称量控制电路

散装水泥是通过振动给料电动机 M2 驱动从罐中给料的，当 M1 电动机转动时，就可以使水泥通过螺旋运输机进入称量斗。称量斗也是利用杠杆平衡原理带动的，一头装有汞开关 S1、S2，通过开关导通或断开来达到测量目的。

当水泥不够预定质量时，秤杆达不到平衡状态，汞开关处于导通位置，使 KA1 得电吸合，M1 电动机运转，从而带动螺旋给料机不断给料；当达到预定质量后，汞开关断开，M1 电动机停止供料，这时安装在秤杆上的行程开关 SQ 断开，使继电器 KA2、KA3 同时释放，从而使 M2 振动给料器也停止工作，电磁铁 YA 释放，带动计

数器计数。

24-15　多条传送带运输原料控制电路

在大型建筑工地上，由于原料堆放较远，使用时需要利用传送带把粉料运到施工现场或送入施工机械加工，这就需要采用多条传送带联合运送，把原料运到指定位置。

为了防止运料传送带上运送的物料在传送带上堵塞，在传送带的机械电气控制上做了必要的程序控制。在启动电动机时，要求先启动第一条传送带的电动机 M1，在电动机 M1 运转后才能启动第二条传送带电动机 M2，这样可以先把第一条传送带上的料清理干净，来料后能迅速把料运走，不致在第一条传送带上造成堵塞。

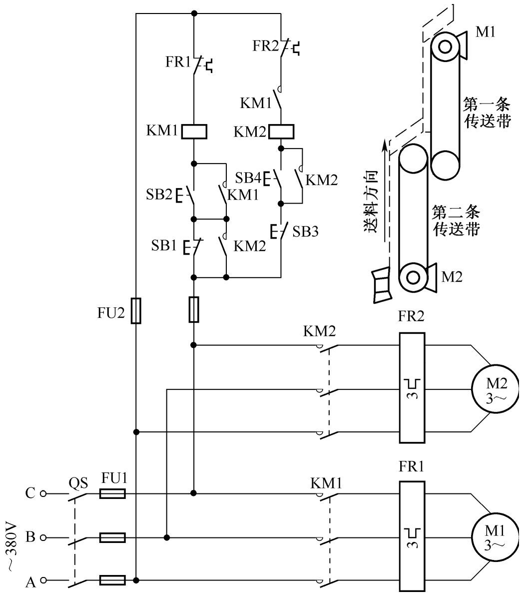


图 24-15　多条传送带运输原料控制电路

停止传送带运输时，要先停第二条传送带，然后才能停第一条传送带，这是为了避免在传送带中间造成堵塞。

图 24-15 所示是多条传送带运输原料控制电路。当按下启动按钮 SB2 后，接触器 KM1 得电吸合，主触点闭合，使电动机 M1 运转，第一条传送带首先开始工作。由于 KM1 吸合，自锁触点闭合，维持 KM1 的继续吸合，另一组 KM1 的辅助常闭触点也同时闭合，为 KM2 线圈电源回路的接通做好准备。这时只要操作人员按下 SB4，第二条传送带便可投入运行。

与此同时，为了操作程序上的需要，KM2 辅助触点闭合并短路了 SB1 停止按钮，从而为先停 M2 电动机后才能停 M1 控制回路做了必要的工作。

因此在停止运输传送带时，只要先按下 SB3 使 KM2 释放，即可解除停止按钮的短路。当 M2 停转后，按下 SB1，即可使 M1 停转，从而实现按预定程序控制电动机的开、停，做到正常有序地工作。

24-16　CD 型起重机控制电路

CD 型起重机控制电路由主电路和控制电路等构成。CD 型起重机的主电路包括升降电动机 M1、小车电动机 M2、电磁制动器 YB、电源换相用接触器主触点及电源控制开关 QS1 等。控制电路包括 4 个复式按钮（SB1～SB4）、4 个交流接触器（KM1～KM4）的线圈、3 个限位开关（SQ1～SQ3）及每个接触器的一对常闭触点等。CD 型起重机控制电路如图 24-16 所示。

卷扬筒的升降由接触器 KM1 和 KM2 控制，小车向前、向后移动由接触器 KM3 和 KM4 控制，它们都通过悬挂在空中的按钮盒来操作。

CD 型起重机的升降系统用锥形转子制动，异步电动机是一种自制动三相异步电动机，其转子的外表呈圆柱形，定子铁芯内腔呈锥形。绕组导电时，转子上磁力的轴向分力克服弹簧作用力，松开制动环，电动机正常运转；断电时，转子在弹簧作用力的作用下恢复原位，制动环即对电动机进行制动。

当需要起重机提升吊钩时，按住上升按钮 SB1，电流依次经过 L1→QS1→FU1→SB1 的触点（1-2）→SB2 的触点（2-3）→SQ1→KM2 的触点（4-5）→KM1 线圈→L2，接触器 KM1 的线圈得电动作，其主触点闭合，电磁制动器 YB 得电松闸，电动机 M1 正向运行。同时，KM1 的触点（7-8）断开，禁止接触器 KM2 的线圈工作。当吊钩到达预定位置时，松开按钮 SB1，接触器 KM1 的线圈失电复位，电动机 M1 停止工作。如果需要起重机的吊钩下降，就按下降按钮 SB2，电流依次经过 L1→SB1 的触点（1-6）→SB2 的触点（6-7）→KM1 的触点（7-8）→KM2 线圈→L2，接触器 KM2 的线圈得电动作，其主触点闭合，电磁制动器 YB 得电松闸，电动机 M1 反向运行。同时，KM2 的触点（4-5）断开，禁止接触器 KM1 的线圈工作。当吊钩到达预定位置时，松开按钮 SB2，接触器 KM2 的线圈失电复位，电动机停止工作。

当需要小车向前移动时，按住向前按钮 SB3，电流依次经过 L1→SB3 的触点（1-9）→SB4 的触点（9-10）→SQ2 的触点（10-11）→KM4 的触点（11-12）→KM3 线圈→L2，接触器 KM3 的线圈得电动作，其主触点闭合，电动机 M2 按向前方式运行。同时，接触器 KM3 的常闭触点（15-16）断开，禁止接触器 KM4 的线圈工作。当吊钩到达预定位置时，松开向前按钮 SB3，接触器 KM3 的线圈失电复位，电动机停止工作。如果需要小车向后

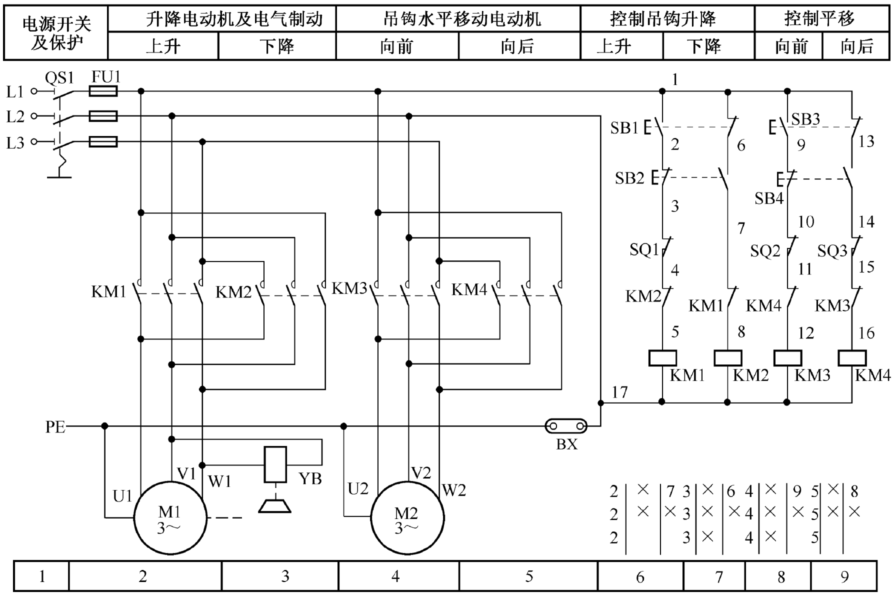


图 24-16　CD 型起重机控制电路

移动，就按住向后按钮 SB4，电流依次经过 L1→SB3 的触点（1－13）→SB4 的触点（13－14）→SQ3 的触点（14－15）→KM3 的触点（15－16）→KM4 线圈→L2，接触器 KM4 的线圈得电动作，其主触点闭合，电动机 M2 按向后方式运行。同时，接触器 KM4 的常闭触点（11－12）断开，禁止接触器 KM3 的线圈工作。当吊钩到达预定位置时，松开按钮 SB4，接触器 KM4 的线圈失电复位，电动机停止工作。

24-17　QTZ－60 型塔式起重机的电气控制电路

塔式起重机是建筑施工现场最主要的垂直运输机械，主体施工阶段的所有建筑材料几乎全部是用塔式起重机搬运至施工操作平面上的。

QTZ－60 型塔式起重机是普通上回转塔式起重机，适用于 18 层以下混凝土结构高层建筑施工用。QTZ－60 型塔式起重机具有升降、行走、回转、变幅四个基本动作。QTZ－60 型塔式起重机的主电路如图 24-17（a）所示，控制电路如图 24-17（b）所示。

先合上电源开关 QS 和自动断路器 QF，全部主令控制开关 SA1～SA5 置于“0”位，按下 SB1，使接触器 KM1 线圈得电动作，KM1 主触点闭合，为提升、回转及行走电动机 M1、M4、M3、M2 的运行做好准备。同时接触器 KM1 的两个辅助触点闭合，一个实现自锁，另一个为提升控制回路提供通路。KM1 的常闭触点分断，限制 KM7 线圈接通，即限制了变幅机构动作。KM1 和 KM7 之间采用这种互锁制约关系，是为了提高塔吊运行的安全性和准确性。

提升重物时，操作主令控制器 SA1 转换到提升第一挡位，KM1 线圈得电，全部电阻串入转子绕组中，转速较低，物体慢慢提升；当 SA1 转换到第二挡位时，接触器 KM8 线圈通电动作，外接电阻被短路一段，使提升物体速度加快。以后每换一挡位，短路电阻一段，直到第五挡时全部电阻短路，此时提升重物的速度最快。

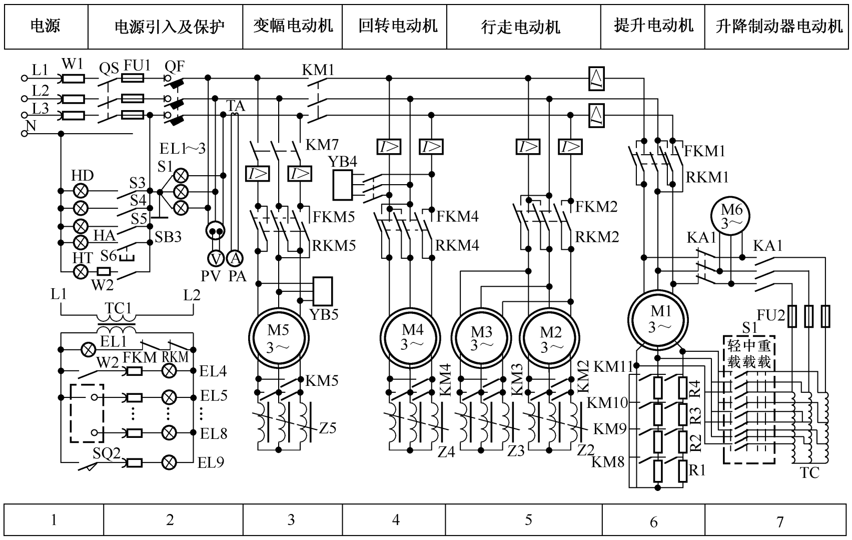
空钩下降时，先操作主令控制器 SA1，从第二挡变换到第五挡的过程中，速度逐渐加快，使空钩快速下降。

重物下降时，从下降第二挡位转换到第五挡位再转换到第一挡位时，电动机 M1 处于发电制动状态，电动机转速由快变慢，用第一挡进行机械制动。当慢速下降重物时，中间继电器 KA1 工作，KA1 常闭触点断开、常开触点闭合，电动机 M6 通过三相自耦变压器 TC、转换开关 S1 接到 M1 电动机转子电路，由于转子电路的交流电压频率较低，电动机 M6 转速下降，闸瓦与闸轮之间的间隙变小，两者发生摩擦，使电动机 M1 运行速度变慢。

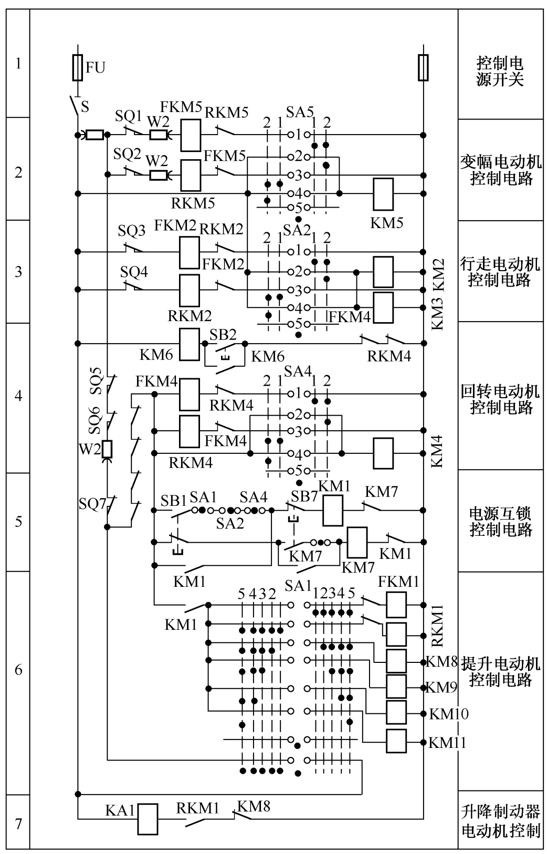
塔式起重机的行走动作是由 M2、M3 两台绕线转子电动机完成的，正转前进，反转倒退，并加以限制保护措施。

当塔吊需要行走时，操作主令控制器 SA2，使正转接触器 RKM2 或反转接触器 FKM2 的线圈得电，主触点 RKM2 或 FKM2 闭合，电动机 M2 和 M3 正转或反转，使塔吊前进或倒退。为了行走安全，在塔吊行走轨道的终端加装限位开关 SQ3 和 SQ4，以控制塔吊的行程。

当塔吊需要回转时，操作主令控制器 SA4，使接触器 FKM4 或 RKM4 线圈得电，其主触点闭合，电动机 M4



（a）QTZ–60 型塔式起重机主电路



（b）QTZ–60 型塔式起重机控制电路

图 24–17　QTZ –60 型塔式起重机主电路及控制电路

受电转动，使重臂向左或向右旋转到指定位置。将手柄返回“0”位置，电动机 M4 先停止转动，然后按动 SB2，使接触器 KM6 线圈得电，其主触点闭合，三相电磁制动器 YB4 得电，将重臂紧锁在某一个位置。

当塔吊需要变幅时，操作主令控制器 SA5，使接触器 FKM5 或 RKM5 线圈得电，控制电动机 M5 的正反转可实现起重臂俯仰变幅。SQ1 和 SQ2 限位开关起俯仰的限位保护作用。电动机 M5 停止，制动器 YB5 失电，使制动器 YB5 迅速制动。

位置开关 SQ5、SQ6、SQ7 分别对起重机超高、起重和钢丝绳脱槽起保护作用。

第25章

农村常用电气电路

25-1　农村地膜大棚照明电路

随着农业科学技术的发展，利用地膜覆盖技术来种植蔬菜及大批育苗已成为我国农村普遍采用的一项新方法。它可以使不同季节的蔬菜在塑料大棚内保温高产，创造出可观的经济效益。下面介绍地膜大棚照明电路。

农村地膜大棚照明电路和农村一般照明电路基本相同，但由于地膜大棚内温度较高，湿度较大，直接把220V照明电路架设到大棚内很不安全，因此农村地膜大棚的电源首先用电线杆把电线引入大棚头起的一间小室内，电源配电盘就安装在1.5m高处，进户后装有刀开关、电度表、熔断器及开关照明灯等。然后把电线架设到地膜大棚内。条件较好的农村地区可购买安装一台漏电自动跳闸开关，使电源线经过此开关再进入地膜大棚，如图25-1（a）所示。也可以安装一台控制变压器，使电压变为36V低压安全电压，然后接入大棚照明灯，如图25-1（b）所示。控制变压器容量的大小要根据大棚内照明设备的功率来确定，如点亮8个100W/36V灯泡，可选用1kV·A的控制变压器。

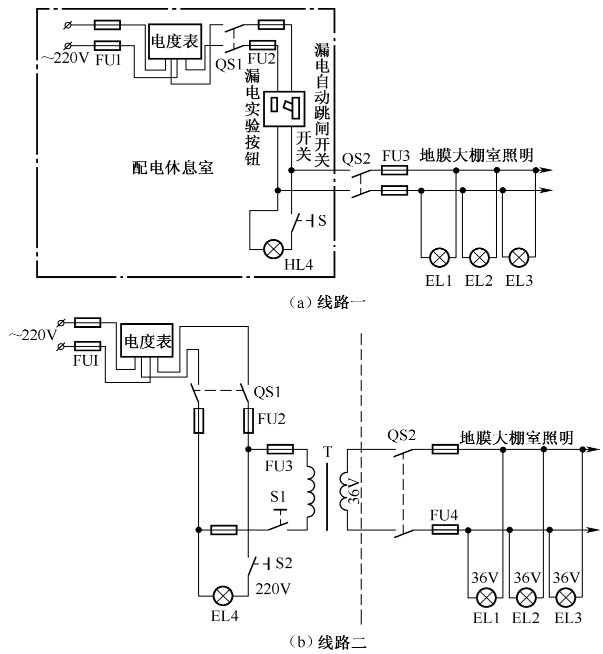


图25-1　农村地膜大棚照明电路

25-2　六种农村常用地埋线电路

应用地埋线来促使植物生长是一项新技术。它利用导线通入电流后产生的热能使土壤增温。采用这种方法土地升温快，地温高，使用时间不受季节限制，并能根据不同蔬菜的种类和不同天气条件来调节温度和加温时间，使地温保持在一定范围内。电热地埋线是利用铁、铬、镍等金属制成的一种专用导线。导线外面是塑料绝缘层，通电后便产生40℃左右的温度，使地温升高并可加以控制。

电热地埋线在撒播育苗时应埋在深5cm左右的地下，对分苗床培育成苗时深度应为10cm左右；在采用地热进行栽培时地埋线应深埋10～15cm。线的间距要根据地温、季节及各地区的具体情况而定，一般在10cm左右为宜。如选用DV系列电热加温线DV20410型，电压为220V，电流为2A，功率为400W，长度选用100m，使用温度为45℃；如选用DV21012型，使用电压为220V，电流为5A，功率可达1000W，使用地埋线长度为120m，使用温度大约为40℃。

在采用功率小于2000W、电流小于10A的地埋线时，可直接采用单相220V供电，用刀开关连接控制。把电力电源线架设到大棚作物的室内，使电源线进入刀开关，刀开关可采用装有熔丝的15A单相刀开关，把埋好的电热线接通电源，接线方法如图25-2（a）所示。如果地埋线功率在2000W以上，电路中可装设接触器，如图25-2（b）所示。当地温较低时，按下按钮SB1，接触器KM线圈得电吸合，接触器主触点接通电源，使地埋线开始发热。当地温达到要求时，按下按钮SB2，接触器KM线圈失电，主触点断开电源，地埋线停止发热。这种电路的优点在于它为加设安全型漏电保护器和送电、停电指示灯及加装温度测试仪，实现温度自动控制提

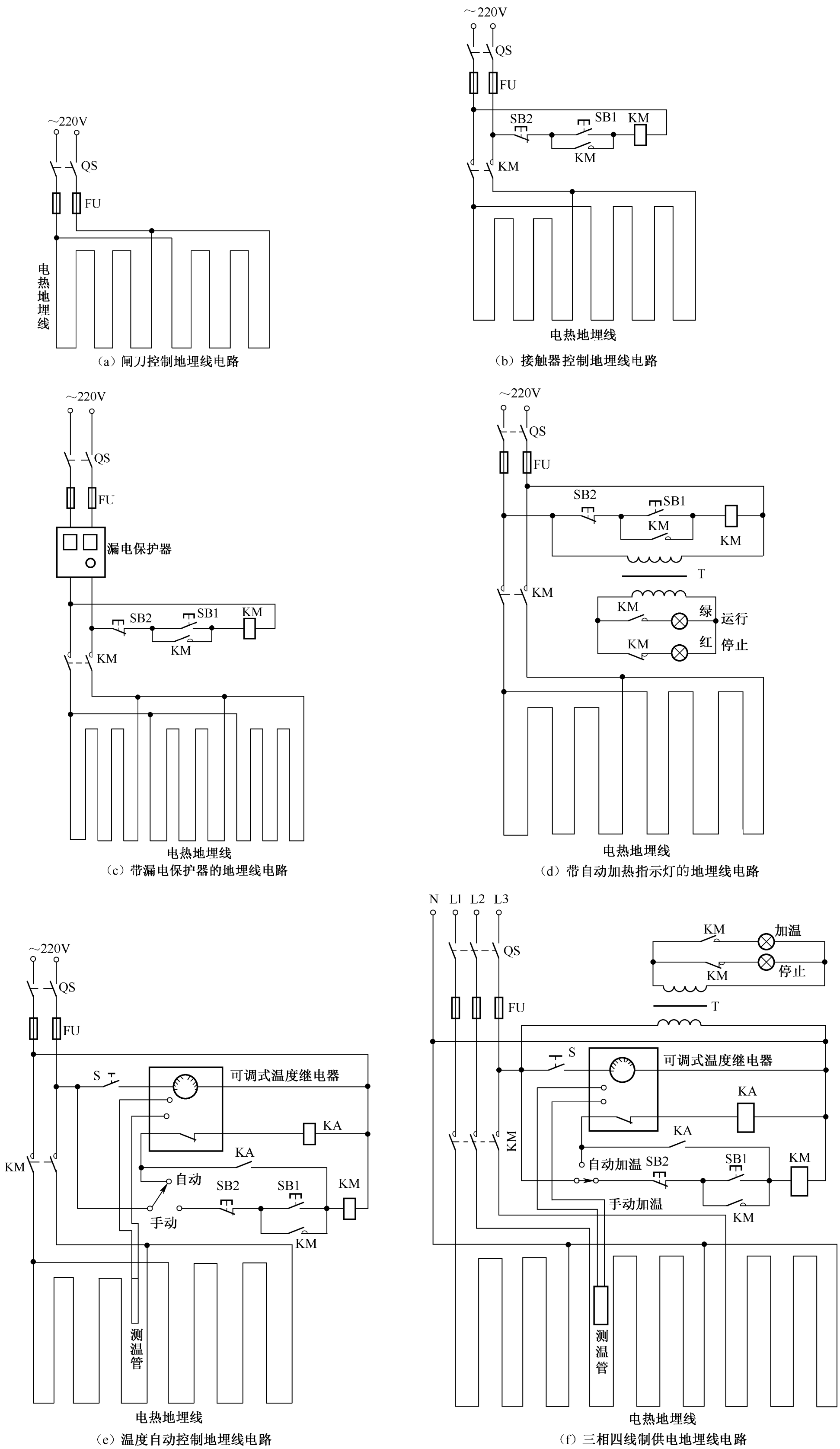


图25-2　六种农村常用地埋线电路

供了条件。图 25–2（c）所示是带有漏电保护器的地埋线电路，图 25–2（d）所示是带自动加热指示灯的地埋线电路，图 25–2（e）所示是温度自动控制地埋线电路。当地埋线功率超过 2000W 时，可采用三相四线制供电，图 25–2（f）所示是三相四线制供电地埋线电路。

农村电工安装使用地埋线电路时应和操作人员一起注意以下几点。

（1）在安装使用地埋线时，要特别注意防止漏电、触电事故的发生。导线接头要牢固并增强各个接头的绝缘，地埋电路电源进户后要加装漏电跳闸开关。

（2）计算好每一组地埋线的功率，并据此选择熔断器、开关、接触器的容量。

（3）地埋线的导线接头不能埋入土地中，以免漏电氧化，必须架空放在无人触及的地方。

（4）地埋线不能交叉、重叠或打结，以免通电时热量集中、发热，引起地埋线粘连、短路。

（5）在选用每一部分加热地埋线时，每根电热地埋线的长度是一定的，其电阻也是额定的，每根地埋线应按规定单独接入 220V 电压。不能将两根或多根串联使用，否则达不到发热效果，更不能把规定长度的地埋线剪短使用，这样会严重发热，烧坏电路。

（6）地埋线布线时，行数应为偶数。

（7）在敷设地埋线时，不要用力强拉，不能打死结。在使用过程中不能用铁锹挖掘电线，以免破坏绝缘。

（8）在苗床管理期间和浇水灌溉时，应先使地埋线断电，然后进行操作。

25–3　农村临时照明用电设施配电电路

在农村遇到集会或庆典活动时常常要架设临时用电电路，故可装配一临时配电盘并进行电路连接，如图 25–3 所示。接临时灯时，接线时把两芯胶质线的一头穿入灯头盖内，然后系一个结以增强灯头吊挂灯泡的拉力，再把线头脱去绝缘层并分别接入灯口的接线螺钉上，旋上灯泡，用绝缘塑料带吊在场院的树枝上或架设好的支架上。两芯胶质线的另一头接入一两眼插头上，插入进场架设在户外的临时配电盘上即可。接线时要注意将电源的相线接在灯口内的金属舌头上，N 线接在螺口上，以保证用电安全。临时配电盘的架设与安装电路应使用较粗的两芯胶质线，一头接入两眼插头，并把电线用绝缘塑料带固定在绝缘物上架设到高处，引到所需要的地方，电线的长度可根据实际情况确定。

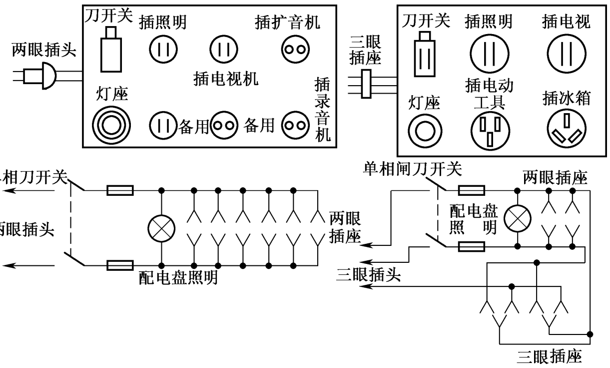


图 25–3　农村临时照明用电设施配电电路

25–4　大、中型拖拉机和联合收割机硅整流发电机电路

大、中型拖拉机和联合收割机硅整流发电机电路如图 25–4 所示。硅整流发电机产生的是交流电，通过装在内部的硅二极管整流，输出的是直流电。

转子总成由爪形磁极、励磁绕组和集电环组成，用两块低碳钢制成的六个爪形磁铁压装在转子轴上。两组磁极通过转子轴与铁芯互相对置嵌合，磁爪互相交叉，但不接触，中间留有空气隙。在爪形磁极内侧的空腔内装有励磁绕组，线圈的两根引线分别接在轴绝缘的两个滑环上，经过滑环电刷和端盖外的两个接线柱形成磁极电流通路。定子总成由定子铁芯和定子绕组构成。定子铁芯由内圆带有线槽的环形硅钢片叠压而成。定子绕组采用分布式、

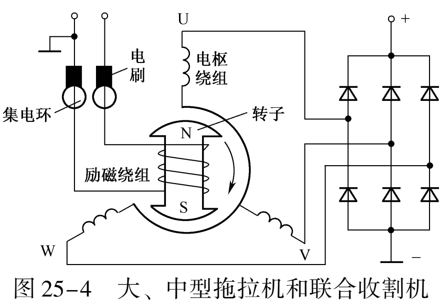


图 25–4　大、中型拖拉机和联合收割机硅整流发电机电路

Y形接法，尾端连在一起，接到中性极，首端与元器件板和端盖上的二极管连接。整流器由六个二极管构成。其中三个压装在后端盖内的元器件板上，正极与元器件板相连，另外三个装在后端盖上，其负极与端盖相连。元器件板与后端盖用尼龙或其他绝缘材料隔开。从元器件板引出一个接线柱至发电机外部作为发电机的正极，发电机的外壳形成负极。

硅整流发电机为自励式三相交流发电机。当发电机的转子被柴油机带轮驱动而旋转时，由于转子剩磁的作用，定子槽中的各相绕组与剩磁磁力线产生相对切割运动，使各相绕组中产生交变感应电动势并输出三相交流电，经过硅整流器的二极管整流后，变成直流电向外输出。

但由于硅整流发电机的磁极保磁力很差，启动时发电机的转速较低，发电机电压建立较慢或不能建立。所以在发电机开始发电时，由蓄电池供给绕组足够的励磁电流，这时发电机实际上是以他励方式工作的。随着发动机转速的提高，定子绕组所产生的感应电动势也相应地增大，当电动机电压超过蓄电池电压时，蓄电池便不再供电，这时励磁电流将由发电机本身供电。

25-5　用时间继电器组成的苗圃自动喷洒控制电路

用时间继电器组成的苗圃自动喷洒控制电路如图 25-5 所示，开停时间可人工设定，可喷洒 2min、停止 30min，然后再喷洒 2min、停止 30min，周而复始地工作。

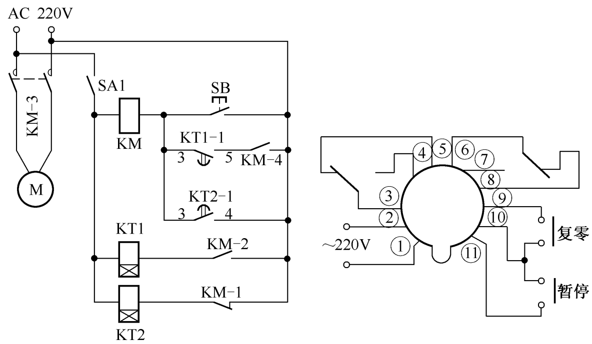


图 25-5　用时间继电器组成的苗圃自动喷洒控制电路

当接通启动开关 SA1 以后，时间继电器 KT2 线圈通过 KM-1 常闭触点形成回路，开始工作，所设定的延迟时间到达以后，其 KT2-1 常开触点闭合，进而使交流接触器 KM 线圈得电工作，使其 n 组触点动作。其中，KM-3 触点闭合以后接通了水泵电动机的供电电路，开始抽水喷洒；而辅助触点 KM-1 断开，使时间继电器 KT2 失电，其 KT2-1 触点断开；但由于 KM 的常开触点 KM-3 已经闭合，KM 线圈通过 KT1-1、KM-3 继续得电工作，故而使水泵继续维持喷洒。由于 KM-2 触点的闭合，KT1 时间继电器线圈得电开始工作，当其所设定的延迟时间到达时，KT1-1 触点断开，使 KM 交流接触器线圈失去供电而释放，其 KM-3 触点断开，水泵电动机失去供电而停止工作。同时，由于 KM-1 常闭触点复位，KT2 时间继电器得电开始工作。

如果通电以后需要立即进行喷洒，则只要点动开关 SB 点动，使水泵电动机启动即可实现。

KT1、KT2 是一种具有数字显示功能的时间继电器，该继电器延时范围为 19h59min，调整单位为 min。

25-6　用动圈式温度调节仪构成的单相电源电热孵化温度自动控制电路

用动圈式温度调节仪构成的单相电源电热孵化温度自动控制电路如图 25-6 所示，它用于农村雏鸡的孵化。

当合上电源开关 QS 以后，220V 电源经 FU，一路加到交流接触器 KM1 主触点上，另一路加到由动圈式温度调节仪等组成的温度自动控制电路中。

合上开关 QS，使动圈式温度调节仪得电工作，其内的一个受预定旋钮控制的常开触点闭合，使交流接触器 KM 线圈中的电流通路形成而吸合，其 KM1 触点闭合，接通了加热丝的供电，使加热丝进入加热状态，使孵化室内的温度上升。

孵化温度在孵化中起主要作用，一般认为孵化温度在 37.8℃时孵化效果较好。孵化室内的各个部位温差应尽可能控制在±0.28℃范围内，最多不能超过±0.5℃。孵化室的相对湿度在 45%～70% 范围内最佳，并应使孵化室内保持新鲜的空气。

当电热丝进行加热时，测温传感器（即测温管）对孵化室内的温度进行检测，并将该信号送到动圈式温度调节仪的①与②脚。一旦检测到温度达到 37.8℃，调节仪内闭合的触

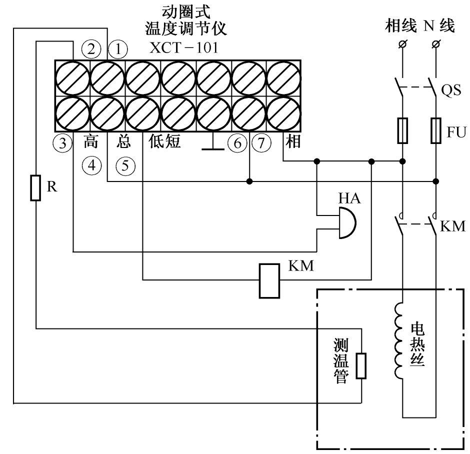


图 25-6　用动圈式温度调节仪构成的单相电源电热孵化温度自动控制电路

点在预定旋钮控制下复位释放，从而使交流接触器 KM 线圈因电流被切断而释放，其主触点 KM1 因此而断开，电加热器因失去供电而停止加热，保持已有的温度。

温度低于 37.8℃后，一旦电加热丝停止加热，孵化室内的温度就会逐渐下降。当温度传感器检测到温度下降到低于 37.8℃时，动圈式温度调节仪的预定旋钮控制的常开触点重新闭合，电热丝又开始加热。

上述过程周而复始，从而使孵化室内的温度保持在 37.8℃±0.28℃范围内。

25-7　低电压土壤缺水告知器电路

低电压土壤缺水告知器电路如图 25-7 所示。湿度检测电路由 VT1、VT2 等组成的多谐振荡器产生的 3kHz 方波信号，经电流放大器 VT3、VT4 组成的负载补偿网络，为湿度检测探针 E1 与 E2 之间的土壤电阻提供检测电流。通过土壤电阻的电流是交流的，且直流成分已被 C4 隔断，因而两根探针不会出现电化学腐蚀现象。此方波信号还在土壤干燥时使蜂鸣器 BZ 发出 3kHz 的提示声。

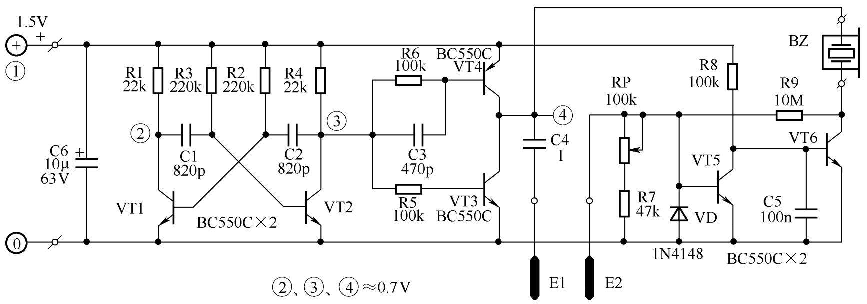


图 25-7　低电压土壤缺水告知器电路

土壤湿度正常方波信号经 E1 与 E2 之间的土壤电阻加到 VT5 基极。电位器 RP 用来调节检测灵敏度。当土壤湿度正常时，探针之间的土壤电阻值很小，3kHz 信号在（RP + R7）两端产生的压降较大，其正、负半周均使 VT6 保持截止状态，因而蜂鸣器 BZ 不工作。正半周时 VT5 饱和导通，使 C5 迅速放电，VT6 截止；负半周时 VT5 截止，C5 开始充电，充电的时间常数为

$$\tau = R_8 \times C_5$$

这一时间常数较大，在 C5 两端电压尚未升高到足以使 VT6 导通之前，正半周又到来，并使 VT5 导通，C5 又迅速放电，结果使 VT6 总是保持截止。二极管 VD 在信号级半周时导通，以保护 VT5 基射结不致被反向击穿。

当土壤干燥时，由于两根探针之间的电阻值增大，加到 VT5 基极的电压减小到不足以使 VT5 导通的程度，于是 VT5 截止，VT6 饱和导通，振荡信号通过蜂鸣器发出提示声。

6 个三极管型号为 BC550C，可用 9014、3DG6 管。BZ 可用 1.5V 的小型压电蜂鸣器，用胶带固定在电路板靠近 VT1、VT2 的顶端。电路由一节 1.5V 干电池供电，蜂鸣器的静态电流为 0.1～0.2mA。两根探针均用 15cm 长的 ϕ1mm 漆包线做成，将其一端脱漆后分别焊在 E1、E2 点，另一端脱漆 4cm 长并搪上焊锡，以防止插入土壤以后氧化。两根探针要平直、等长。

25-8　由一块集成电路构成的沼气浓度检测电路

由一块集成电路构成的沼气浓度检测电路如图 25-8 所示。它适用于农户对沼气浓度进行检测报警。

当 QM－N5 不接触可燃沼气或沼气浓度极低时，QM－N5 的 A 与 B 两电极之间电导率很低，呈高阻抗，使得 IC 的输入端⑦脚电压近于 0V，故其②～⑥脚均输出低电平，LED1～LED5 不会点亮。气敏检测探头 QM－N5 和电位器 RP 组成气敏检测电路，气敏检测信号从 RP 的中心端输出。当 QM－N5 检测到一定浓度的沼气时，其 A 与 B 两电极之间的电阻变得很小。这样，VZ 稳压后的6V 电压就会经 A 与 B→RP 使 IC⑦脚上有电压加入，进而就会使相应的发光二极管点亮。沼气的浓度越高，LED1～LED5 依次点亮的个数也就越多，由此就可得知沼气的浓度。

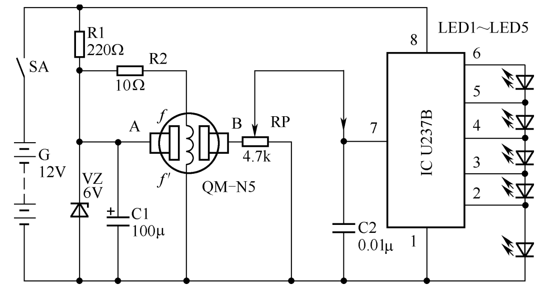


图 25-8　由一块集成电路构成的沼气浓度检测电路

LED1～LED5 可选用 BT201A 型红色磷砷化镓发光二极管；VZ 可选用稳压值为 6V 的稳压二极管，如 2CW7C、2CW13 等型号；RP 选用阻值为 4.7kΩ 的小型精密实心电位器；G 可用 12V 叠层电池，也可用交流变直流后的 12V 电源。

气敏元器件气敏探头的感受面一定要露出机壳，以使气敏探头最大限度地检测信号。先用注射针筒抽取适量的被测沼气，与空气按 2%～5% 的比例混合存入气袋中。将上述标准沼气气体用橡胶管输送到气敏检测探头附近。最后调整 RP，使 LED1 刚好点亮即可。

由于气敏元器件具有初期稳定时间的特性，即开始时内部电阻很小，需经一段时间才恢复原稳定状态，故在每次使用之前待几分钟，之后才可投入使用，以免导致误判。

25-9　农村电热孵化温度控制电路

孵化需要一定的温度、湿度、空气，要进行翻蛋和晾蛋，这些条件在孵化过程中互相联系、互相影响，决定着孵化率、雏鸡的质量及孵化工作的成败。孵化温度在孵化中起主要作用，一般认为孵化温度在 37.8℃ 为宜。孵化机内各部位温差最好在±0.28℃ 的范围内，最多不能超过±0.5℃。孵化的相对湿度以 45%～70% 为宜。保持新鲜的空气是保证胚胎发育的必需条件。图 25-9 所示是一种恒温控制电路，可在实际操作中参考使用。当电孵鸡控制器开始工作时，合上开关 QS，此时，XCT-101 型动圈式温度调节仪常开触点闭合，使接触器得电吸合，电热丝通电，开始对室内加热。当温度达到 37.8℃ 时，调节仪内闭合的触点在预定旋钮控制下复位释放，从而切断接触器控制回路，使电热丝停止加热，保持已有的温度。当温度下降至低于 37.8℃ 时，调节仪常闭触点又闭合，电热丝又开始加热，如此周而复始，保持恒定的温度。

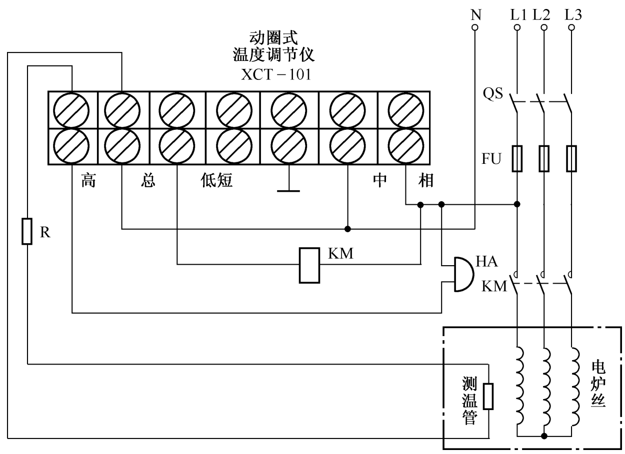


图 25-9　农村电热孵化温度控制电路

25-10　农用电犁和电耙电路

农用电犁和电耙是由电动牵引机带动工作的，即利用电动机带动钢绳盘转动，从而不断把钢丝绳卷入钢绳盘。钢丝绳的另一端拖着犁或耙，当犁或耙被拖到田地的一端时就启动牵引机，由另一台牵引机把犁、耙拖向田地的另一端。犁应是双头的，犁头反向装在犁架上，犁架下面装有两个地轮和一个辅助地轮，犁架两端分别连在两台牵引机的钢丝绳上。两台牵引机应一台开、一台停，必须在一台停稳后再开一台。在操作电犁、电耙时装上钢绳，把牵引钢丝绳和移动钢丝绳分别装在两个绳盘内。操作人员右手握住电源开关手柄，左手握住操作杆。操作杆分牵引、空挡、移动三挡，电源开关有通、断二挡，根据操作情况调节操作杆及电源开关的位置。根据耕田的土质、田地的形状和牵引机出力的情况，选用快挡或慢挡。停止运行时应关掉电源开关，并把操作杆调到空挡位置。牵引机用毕，应及时拆卸钢丝绳，并将它盘成圈状。

农用电犁和电耙的电源线必须用四芯橡胶电缆线，其中一根芯线用作接地线，牵引机外壳必须可靠接地。从田地旁边的同一配电箱中引出一根四芯电缆，送到电源分支箱，作为电源。电源分支箱为一进二出的（分别接到两台牵引机的电源操纵开关上），如图 25-10 所示。在分支箱内，开三个电缆引出孔，电缆在引出孔内打结，以防止插头自行脱落。电源分支箱如果为金属外壳的，必须接地，并设置在两台牵引机连线方便的位置。使用完毕，电源线应及时拆除。

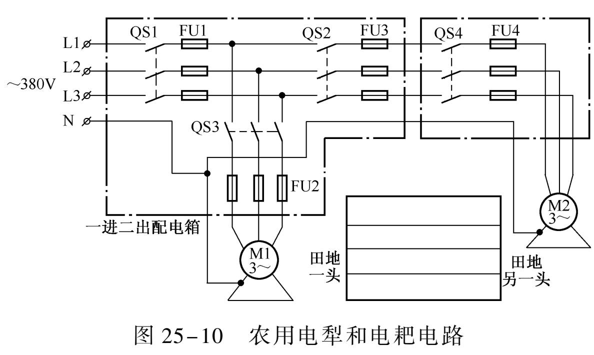


图 25-10　农用电犁和电耙电路

25-11　蒿杆青饲切碎机电路

蒿杆青饲切碎机主要用于切碎蒿杆、杆草、麦草、青饲等，是农村加工牲畜饲料时广泛使用的一种切碎机械。它共有两台电动机来完成机械动作，要求切料电动机 M1 启动并运行一段时间后喂料电动机 M2 才能自动启动，以免来不及切料而堵死切刀。停机时要求 M2 停机后 M1 才能自动停机。蒿杆青饲切碎机电路如图 25-11 所示。开始工作时，合上三相电源刀开关 QS，把电源引入控制电路中，按下 SB1 按钮，中间继电器 KA 得电吸合并自锁，使 KM1 吸合并自锁，电动机 M1 开始运转。同时时间继电器 KT1 得电，经过 30s 延时后，使 KM2 得电吸合并自锁，电动机 M2 开动运转送料，设备进入工作状态。当工作完毕停机时，按 SB2 按钮，时间继电器 KT1 断电复位，使 KM2 断电，电动机 M2 停转，同时时间继电器 KT2 开始通电延时，待电动机 M1 切料完成后 KT2 得电，延时断开的常闭触点断开，使 KM1 断电，M1 停止运转，整个工作过程结束。

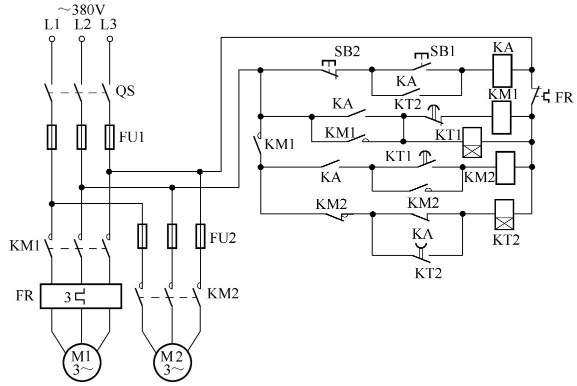


图 25-11　蒿杆青饲切碎机电路

25-12　农用电动排灌船配电盘电路

电动排灌船在农村河网地区广泛使用，排灌船泵体一般放在船头或船尾，以便出水管和岸上的水渠连接。

农村排灌船所用电动机要用全封闭式。船上有照明设施，所以配电盘上要有总开关、电压表、电流表、熔断器及电动机控制开关，还要安装控制照明的刀开关和熔断器。熔断器及接触器的容量由所控制的电动机容量选择。排灌船的电源线采用软橡皮电缆，电缆两端各装一个 20A 四眼插头，一头插入船上配电盘上的四眼插座内，另一头插入岸上的配电箱插座内。电源线要防水浸入，从船上配电盘接到抽水电动机的一段电源线要穿过铁管，铁管需接地，以保障安全。排灌船上的自制配电盘电路如图 25-12 所示。使用排灌船时应注意以下几点。

（1）使用电动排灌船时，要把引入电源线两边的插头插上并固定绑牢，以免振动使插头松脱。

（2）岸上的电源线应用木杆撑高，严禁泡入泥水之中，以防漏电。

（3）使用电动排灌船前要检查所有电气设备完好、电压正常、接地可靠。

（4）抽水后经常注意水泵运行情况，如果发现水管不出水、杂声大等情况，应停止电动机运行，进行检查。

（5）船内不可积水，电气设备在运行中要保持干燥。

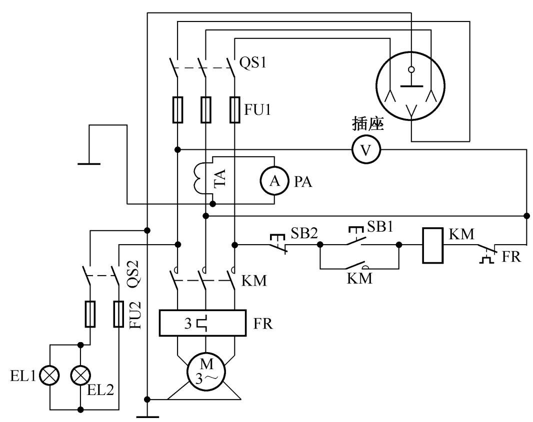


图 25-12　农用电动排灌船配电盘电路

25-13　农用小型拖拉机电气照明电路

拖拉机是农村使用非常普遍的一种农业机械，它对农业生产和产品的运输起到了重要的作用。作为农村电工掌握一些拖拉机照明电路很有用处。

小型拖拉机电气照明装置比较简单，主要用于夜间照明及行车转向示意，它由发电机和照明灯、转向灯等用电设备及导线、开关等配电部分组成，如图 25-13 所示。

小型拖拉机每个用电设备与发电机并联，形成一个完整回路，通过转换开关控制，互不干扰。每个电气装置均采用“单线制”，即用一根导线将发电机的一极与电气装置的一端相连，而发电机的另一极及电气装置的另一端分别与机体金属相连，用机体代替导线，一般称为搭铁。

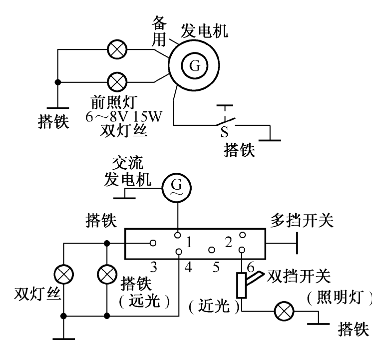


图 25-13　农用小型拖拉机电气照明电路

25-14　异步电动机做发电机配电电路

利用电动机发电一般可选择 17kW 以下的异步电动机，按图 25-14（a）所示方法连接和配加无极性耐压在 450V 以上的电容器。其方法是将异步电动机接成Y形、把三组电容器接成△形后并联在一起。当柴油机带动异步电动机达到一定转速后，在 L1、L2、L3 三点任意两点便可得到 380V 输出电压。如果需要 220V 电压，可在 L1、L2、L3 上取任意一相与 0 点之间的电压即为 220V。图 25-14（b）所示为电动机做发电机配电电路。

在使用异步电动机发电时应注意以下几个问题。

（1）所接负载的额定功率应不大于异步电动机额定功率的 80%。例如，用 17kW 异步电动机发电，所接负载的功率应小于 13kW。

（2）采用异步电动机发电，所配置的柴油机功率要与电动机配套，使两机械在转动时可靠配合连接，并能达到一定的转速，工作频率应选在 50Hz 以上。异步电动机作为发电机使用，其输出电压高低与转速有很大关系，使用时应尽可能使转子速度稳定。

（3）电动机作为发电机，启动前要安装接地线。

（4）电动机功率在 20kW 时，采用△形接法时所需电容容量为 66～86μF，Y形接法时为 198～258μF。

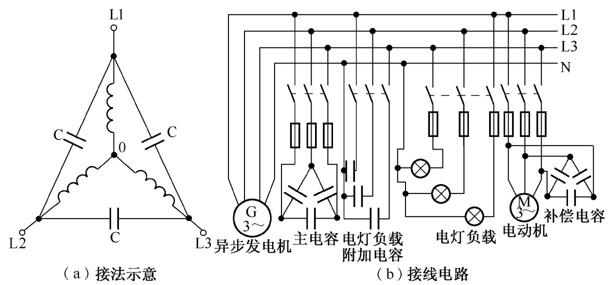


图 25-14　异步电动机做发电机配电电路

25-15　农用单相汽油发电机接线电路

目前，有些农村或山区，由于各方面的原因，停电现象时有发生。为了在停电时也能使电灯、小型电动机、鼓风机及家用电气设备连续工作，就需要有一台备用汽油发电机。这种汽油发电机不但能供 220V 照明用电而且能作为电视机、电冰箱等作应急电源，还能用作小型 220V 交流电动机、鼓风机及农村信用社所用的计算机的备用电源。小型汽油发电机具有结构紧凑、使用方便、工作稳定可靠、功率规格较全等优点，它的功率可以在数百瓦至十几千瓦之间选择。在购置时，要先算好总用电负荷的大小，然后选择功率稍大于用电负荷的发电机。如果用电负荷在 800W 以下，则可选择 1kW 的小型汽油发电机，汽油发电机的接线如图 25-15（a）所示。在使用时，必须先断开供电部分的开关，

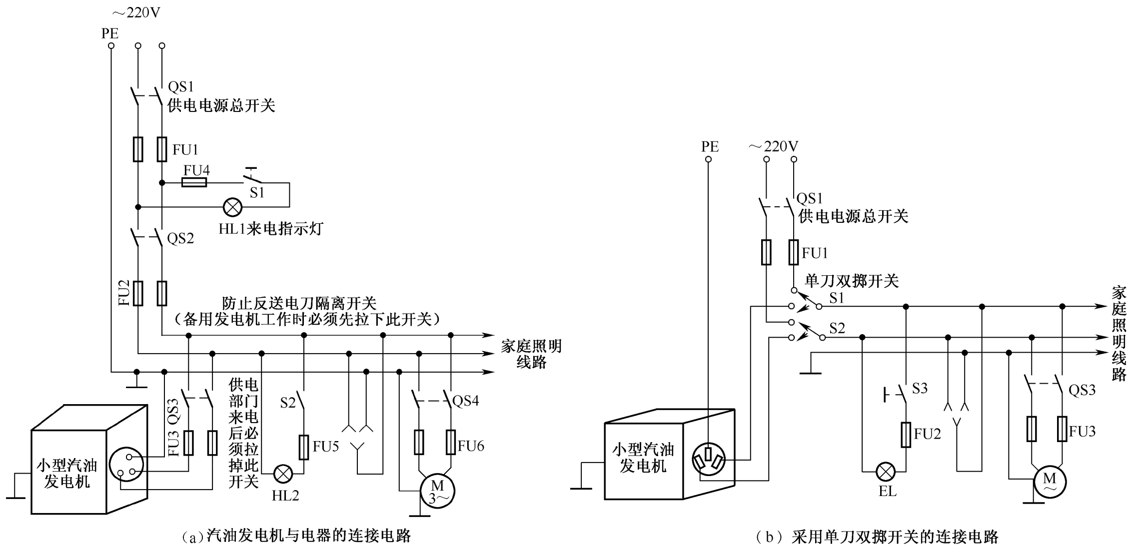


图 25-15　农用单相汽油发电机接线电路

然后才能把装满汽油的发电机油门打开，风门调到适当位置，拉发动栓，使发电机工作发电。这种发电机开始工作以后，很快能把交流电压自动稳定在 220V 上，并且使频率自动调整到 50Hz。在使用时应注意以下几点。

（1）使用时打开风挡和进油阀，不用时关闭进油阀。

（2）在接入备用发电机电路时最好使用单刀双掷刀开关，如图 25-15（b）所示。这种开关上桩头接供电部门电源，中间接负载，下桩头接备用发电机。当供电部门停电时，把刀开关拨到备用电源一方即可使发电机发电。

（3）使用备用小型汽油发电机时机壳应有保护接地，并使发电机的地线与电源设备的保护地线连接在一起。

（4）一时购置不到这种单刀双掷开关的，应该在供电部门电源断开后方能投入备用电源，并安装供电部门的来电指示灯，待供电电源有电时，应及时断开备用电源刀开关，合上供电部门的电源刀开关，以防反送电。这一点对电工操作安全十分重要，应严格按照规定操作，确保人身安全和电气设备的安全，严防向网路上反送电。

25-16　农村有线广播站配电盘的安装布线电路

农村有线广播站应建立在广播覆盖面的中心地点，播音室最好与配电设备及扩音机分开，单独占一间屋，安装扩音机电源线、照明线及备用电源的配电柜设施时，一定要布线合理，注意安全，便于维修。配电盘内的布线首先要装电能表，然后装照明灯、刀开关、指示灯、电压表、电流表和分路刀开关、插座等，电路如图 25-16所示。安装好后，可把扩音机、录音机、CD 机接在配电盘的插座上，这时把扬声器插入扩音机音频插座上，即可进行广播。

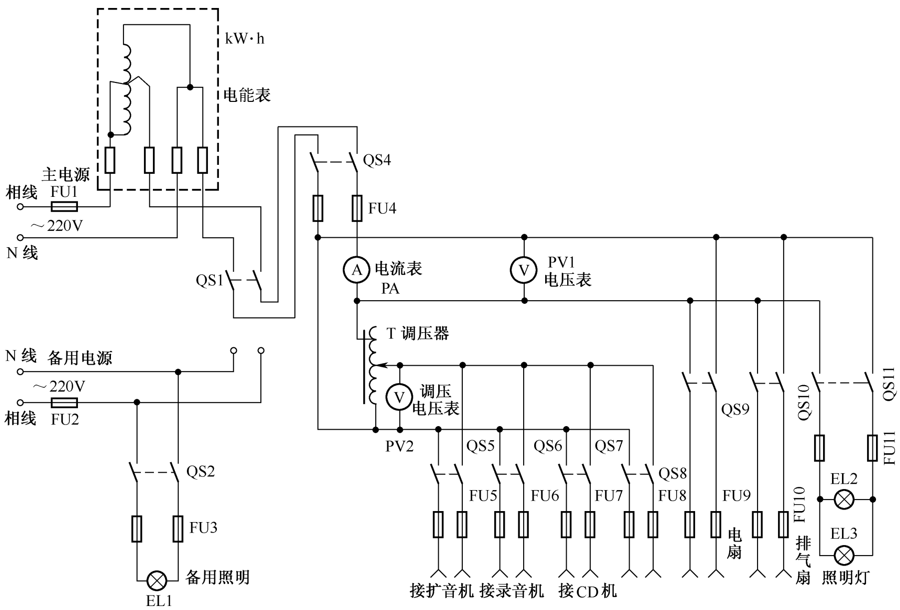


图 25-16　农村有线广播站配电盘的安装布线电路

25-17　电子管扩音机与扬声器（喇叭）的配接电路

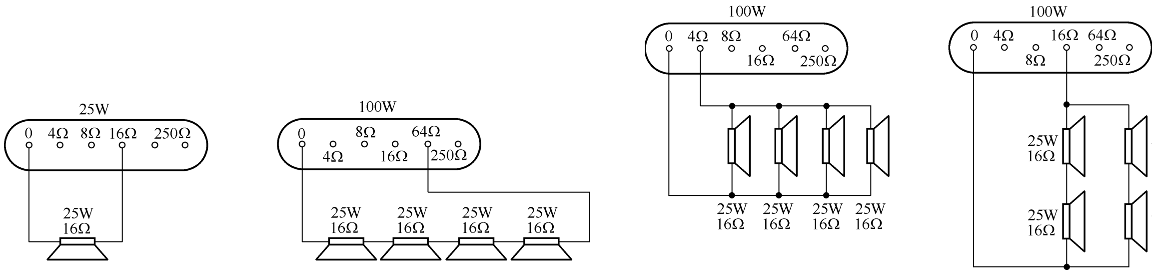
目前农村有线广播采用在户外电线杆上架装高音扬声器（喇叭）的方式，扩音机多采用电子管扩音机。扩音机必须与高音喇叭合理配接，才能保障喇叭不被烧坏，取得良好的播音效果，如图 25-17 所示。

电子管扩音机的输出方式有定压式和定阻式两种。定压式扩音机输出电压有 20V、30V、45V、60V、240V，而定阻式输出阻抗有 4Ω、8Ω、16Ω、125Ω、250Ω 等。定阻式扩音机要求配接在输出端的负载阻抗等于扩音机标称的输出阻抗，负载阻抗不能变动。所以，喇叭在与扩音机配接时必须满足以下三个条件。

（1）各个喇叭上所标的额定功率的总和应等于或接近扩音机的输出功率。喇叭功率的总和不够时，可以用假负载代替，假负载的功率应相当于喇叭不足的功率。假负载可用大功率电阻器，也可用白炽灯代替，但白炽灯的有效功率很难计算，这是因为当输送电压不是白炽灯的额定电压时，其工作时的有效功率不是灯泡所标定的值。所以这时一定要将白炽灯假负载接在扩音机的 240V 输出端子上，这样易于计算功率。

（2）喇叭经过串联或并联后的总阻抗要和所接的扩音机输出端所标的阻抗相等。

（3）每个喇叭的功率应等于或稍小于该喇叭的额定功率。



（a）单个喇叭的配接方法　（b）串联接法　（c）并联接法　（d）混联接法

图 25-17　电子管扩音机与喇叭的配接电路

25-18　扩音机与线间变压器及扬声器（喇叭）的配接电路

电子管扩音机的输出阻抗与扬声器（喇叭）的匹配，是靠线间变压器完成的。采用线间变压器后，可以用不同功率的变压器来匹配各种类型的喇叭，使喇叭得到它的应有功率。线间变压器相当于一个升降变压器。

线间变压器主要有三个指标：额定功率、阻抗和变压比。线间变压器的变压比等于一次侧电压与二次侧电压的比值。一般需对定压式扩音机进行阻抗匹配，所以需选择适当变压比的线间变压器接入喇叭与扩音机电路中。

在使用线间变压器时要注意以下几点。

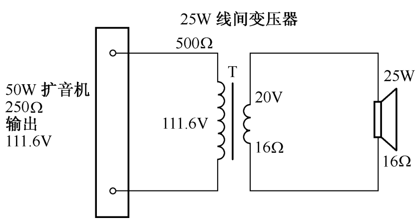


图 25-18　扩音机与线间变压器及喇叭的配接电路

（1）线间变压器所配接的喇叭的总功率应等于或小于线间变压器的功率。

（2）使用线间变压器降压时，要注意变压器副边绕组抽头的接法。用串联或并联接法时，切勿将首端、尾端接错。在线圈串联时，要首尾相接；并联时应将两个线圈首与首相接、尾与尾相接。

（3）在使用线间变压器时，一次侧输入电压应等于或稍大于扩音机的输出电压。线间变压器的二次侧输出电压应等于或稍小于喇叭的工作电压。

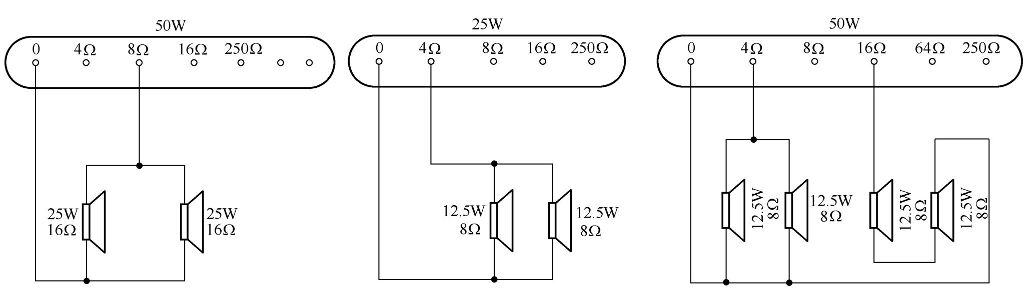
（4）扩音机与线间变压器及喇叭的配接电路如图 25-18 所示。

25-19　扩音机与扬声器（喇叭）配接电路

（1）一部 50W 电子管扩音机，其输出端标有 0、4Ω、8Ω、16Ω、250Ω 等数值，现有 25W、16Ω 高音喇叭两个，配接电路如图 25-19（a）所示。

（2）一台 25W 电子管扩音机，其输出端标有 0、4Ω、8Ω、16Ω、250Ω 等数值，有 12.5W、8Ω 高音喇叭两个，配接电路如图 25-19（b）所示。

（3）一部 50W 扩音机，其输出端标有 0、4Ω、8Ω、16Ω、64Ω、250Ω 等数值，现有 12.5W、8Ω 喇叭 4 个，配接电路如图 25-19（c）所示。



（a）50W 扩音机与两个喇叭的配接线路　（b）25W 扩音机与两个喇叭的配接线路　（c）50W 扩音机与 4 个喇叭的配接线路

图 25-19　扩音机与喇叭配接电路

第 26 章

用电设备节电电路

26-1　交流接触器无压运行装置电路

一般的交流接触器在正常运行时，其吸合线圈是长期带电的，因此不但消耗能量，还会因过压而烧坏吸合线圈，并在运行时发出电磁噪声。图 26-1 所示是交流接触器无压运行装置电路图，由于在运行时吸合线圈是不带电的，因此可以避免上述缺点。

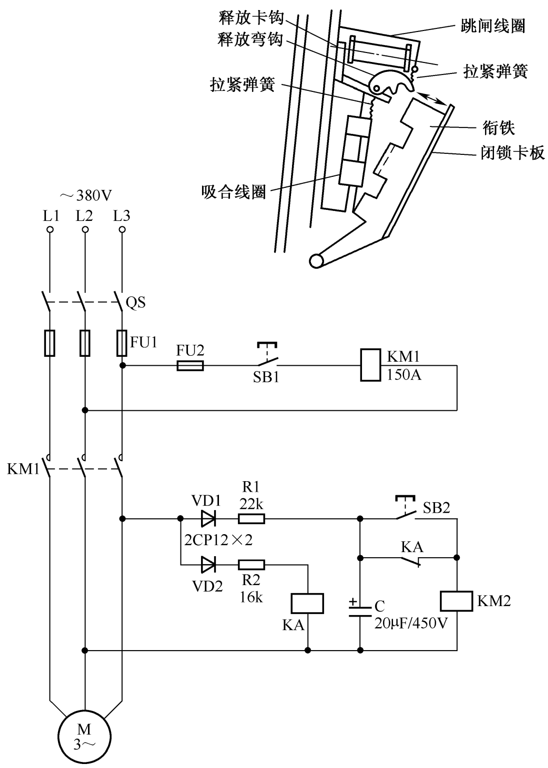


图 26-1　交流接触器无压运行装置电路

工作原理：当按下按钮 SB1 时，吸合线圈 KM1 通电，吸合衔铁，同时闭锁卡板，被释放弯钩钩住，使交流接触器在吸合线圈无电压作用下处于运行状态。

这时，电路中的电容器 C 经二极管 VD1、电阻 R1 充电，继电器 KA 经二极管 VD2、电阻 R2 受电动作，KA 触点断开，为电源无电压释放做准备。当电源停电时，继电器 KA 释放，KA 触点闭合，电容器 C 向跳闸线圈 KM2 放电，吸动释放卡钩，释放弯钩脱离，衔铁释放，使开关触点断开，交流接触器无电，自动断开。在运行时如果按下按钮 SB2，跳闸线圈 KM2 经 VD1、R1 得电动作，使交流接触器断开。

26-2　简易电度表节电电路

在单独核算用电量的接分表单位，如果用电器不是连续使用的，便可按图 26-2 连接电度表、控制开关、用电器等。在不用电时，同时也断开电度表内的电压线圈，达到节电之目的。一般电度表（包括单相和三相）按

线圈本身每小时耗电2W计算，由于一年之中总是通电，故全年耗电达 $2\times24\times365\times10^{-3}=18\text{kW}\cdot\text{h}$（度），如果用电器利用率为0.5（12h/天），则用此方法一年可节约9度电。

此电路可应用于汽车库、售货亭等场所节电。电度表要定期校核，并同时在电度表上、电度表前边的开关上打上铅封。

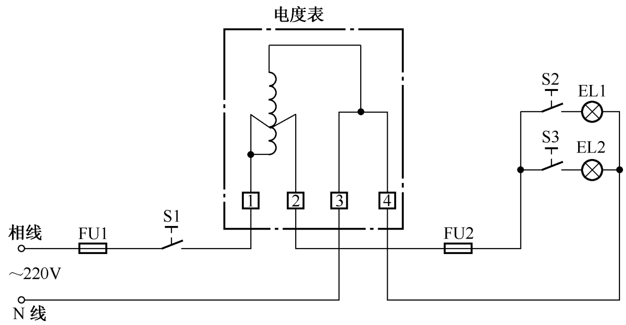


图26-2　简易电度表节电电路

26-3　用热继电器控制电动机Y-△节电转换电路

在机床上，电动机的额定容量是按照机床最大切削量设计的，在实际应用中往往不能满负荷，很大程度上存在着“大马拉小车”的现象。利用三相异步电动机的△形接法改为Y形，绕组承受的电压为原来的三分之一，如果电动机的实际负载也减小为满负载的三分之一，那么电动机可以在Y形接法下安全运行，从而使线电流减小，功率因数提高，起到节电作用。

图26-3所示是用热继电器控制电动机Y-△节电转换电路。当轻载时，热继电器不动作，接触器KM1、KM2吸合，电动机接成Y形运行；当电动机处于重负荷下运行时，热继电器FR动作，其常开触点闭合，自动将KM2断开并使KM3吸合，电动机切换为△形接法运行。

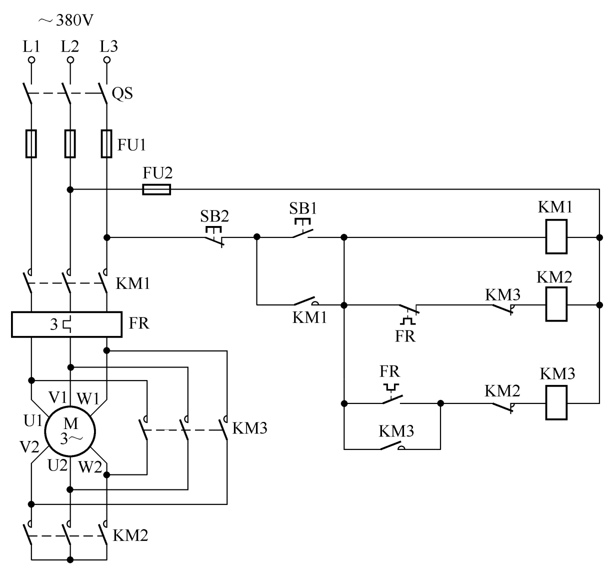


图26-3　用热继电器控制电动机Y-△节电转换电路

26-4　用电流继电器控制电动机Y-△节电转换电路

图26-4所示电路的工作原理是：当按下SB1时，接触器KM1、KM2吸合，电动机接为Y形接法启动。图中的SQ限位开关受主轴操纵杆控制，主轴在工作运转时，SQ压下闭合，时间继电器KT吸合。空载或轻载时，电流继电器KI不动作，电动机Y形接法运行不变；重载时，KI吸合，这时KA随之吸合，切断KM2线圈电路，KM2断电释放，KM3得电吸合，电动机改为△形运行。工作完毕时，通过主轴操纵杆使SQ断开，KT断电释

放，KM3 释放，KM2 线圈得电吸合，于是电动机改为Y形接法运行。

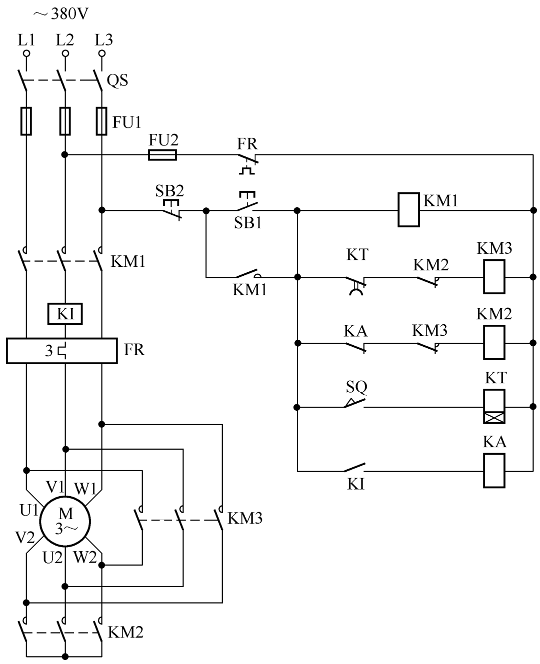


图26-4　用电流继电器控制电动机Y-△节电转换电路

26-5　电焊机空载自停节电电路

为了使电焊机工作时有电、停焊时断电，可采用双向晶闸管作为交流电焊机的电源开关。双向晶闸管在正、反电压作用下都可能导通，而且控制极在正、负脉冲作用下都可以触发，所以可用它做电焊机的交流开关。采用双向晶闸管做交流开关的特点是：电路简单、经济、维护方便。

电焊机空载自停节电电路如图 26-5 所示。主电路由双向晶闸管、熔断器、电焊机变压器、开关等组成。控制电路则由晶闸管 VS 的触发极 G 经限流电阻 R1、微动开关 SQ 组成。当电焊机工作时，合上开关 S，电源接通，但由于 VS 关断，故其实并未通电。操作者手握焊柄，使装于焊柄上的微动开关 SQ 闭合，在 VS 加正、反电压的同时，触发极 G 也有正、反向交流触发信号，使主电路导通。当操作者焊完一道焊缝后，手稍放松，微动开关 SQ 立即断开，主电路交流电压过零时，VS 关闭，从而切断电源，消除了空载损耗。

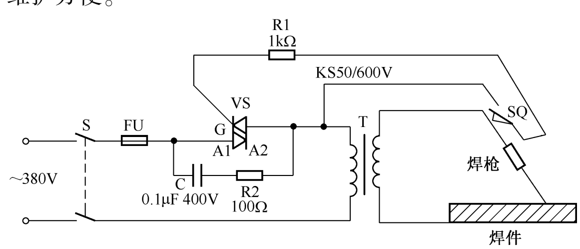


图 26-5　电焊机空载自停节电电路

26-6　织布机节能自动断路器电路

织布机在纱厂应用极为广泛，一般织布机因故停止运行时，电动机仍继续空转，浪费电能。为了节电，可采用节电自动断路器电路代替原电路，使电动机能在织布机停止运行时自动脱离电源，开启前又自动启动，从而避免电动机空载运转现象，达到节电的目的。

织布机节能自动断路器电路如图 26-6 所示。直流电源由小型变压器 T 降压，经二极管 VD1 ～ VD4 整流，电容 C 滤波，稳压管 VZ 稳压。电路中的节电自动断路器电路由 VT1、VT2、灵敏继电器 K 等组成。装在开关手柄的塑料（胶木）手球上的裸导线提供操作信号。当开启时，操作人员手触及该裸导线，人体产生的感应电流激励 VT1 的基极，VT1 导通。其后，信号被放大作为 VT2 偏流，VT2 饱和导通，灵敏继电器 K 线圈得电吸合，其常开触点 K 吸合，交流接触器 KM 吸合，电动机启动。开关车手柄进入正常开启位置后，微动行程开关 SQ 闭合，VT2 因偏流经 SQ、R1 供给而继续导通，织布机正常运转。织布机因故停止运行时，手柄退回停止位置，SQ 断开，VT2 截止，电动机脱离电源而停止。在没有操作信号时，电阻 R2 使 VT2 的基射极同电位，VT1 截止，

以防误动作。SA 为控制电源的手动开关。

三极管 VT1 选用 3DG6D，VT2 选项用 3AX31C，VD1 ～ VD4 采用 1N4004 型二极管，VD5 采用 1N4148 型二极管。VZ 采用 2CW21K 稳压二极管。K 选用 JQX－4 型 24V/2kΩ 继电器。电源变压器 T 自制。其他元器件如图 26－6所示，无特殊要求。

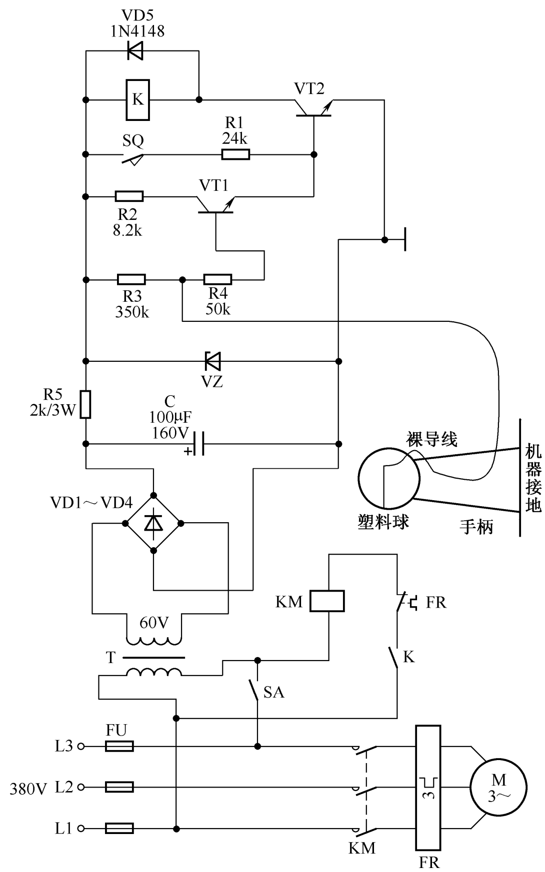


图 26－6　织布机节能自动断路器电路

裸导线安装的方法是在塑料中心停止手柄上再铣一条槽，连接导线从此引入，以防磨破，即可构成一个接收人体信号的电极。

26－7　纺织机节电控制电路

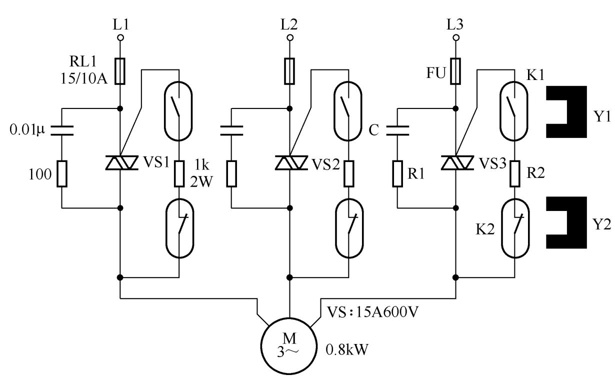


图 26－7　纺织机节电控制电路

纺织机节电控制电路如图 26－7 所示，VS1 ～ VS3 是双向晶闸管，R1 和 C 是吸收电路，R2 是触发限流电阻，K1 是启动干簧管，K2 是停止干簧管，Y1、Y2 是磁钢。三相电源 L1、L2、L3 经过 VS1 ～ VS3 加到电动机 M 上。移动离合器手柄，将 Y1 推至开机位置，K1 内部的触点接通，VS1 ～ VS3 触发导通，电动机 M 通电运行；停机时，装在离合器手柄上的自停磁钢 Y2 靠近 K2，K2 内部的常闭触点断开，触发回路断电，VS1 ～ VS3 相继截止，电动机 M 停转。

26-8　节省导线的两地控制开关电路

用一根导线即可在两个不同地方控制一盏灯的电路如图 26-8 所示，该电路设计新颖、接线简单、节省导线。

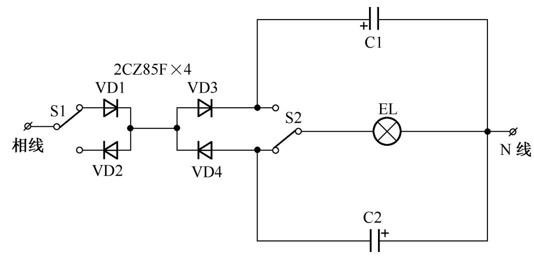


图 26-8　节省导线的两地控制开关电路

图中，利用二极管的单向导电性在两个不同地方开、关电灯。电路串联二极管半波整流（VD1、VD4）或（VD2、VD3）后，电灯两端的电压只有电源电压的一半左右，故由滤波电容（C1 或 C2）使电压提升至接近电源电压，这样，电灯发出正常亮度的光。

二极管的耐压大于 400V，正向电流大于负载电流。滤波电容耐压大于 400V，电容量 C 可由下式计算：

$$C = 32 \times \frac{P}{100} \mu F$$

式中，P 为灯泡的额定功率（W）。

该电路适用于任何需要两地控制的场所。

26-9　四种电焊机空载自停电路

图 26-9（a）所示是一种简单的电焊机空载自停电路。SB 是加装在电焊机焊把上的按钮，当电焊工焊工件时，手握焊把，按下 SB，电焊机开始工作，当工作完毕后，放下焊把，电焊机便自动断电。这种节电方法非常简便，但使用此方法一定要注意，电焊把上附加的按钮线为两根相线，要绝缘良好，并经常检查。不用电焊机时，要注意保护好附加的电线。

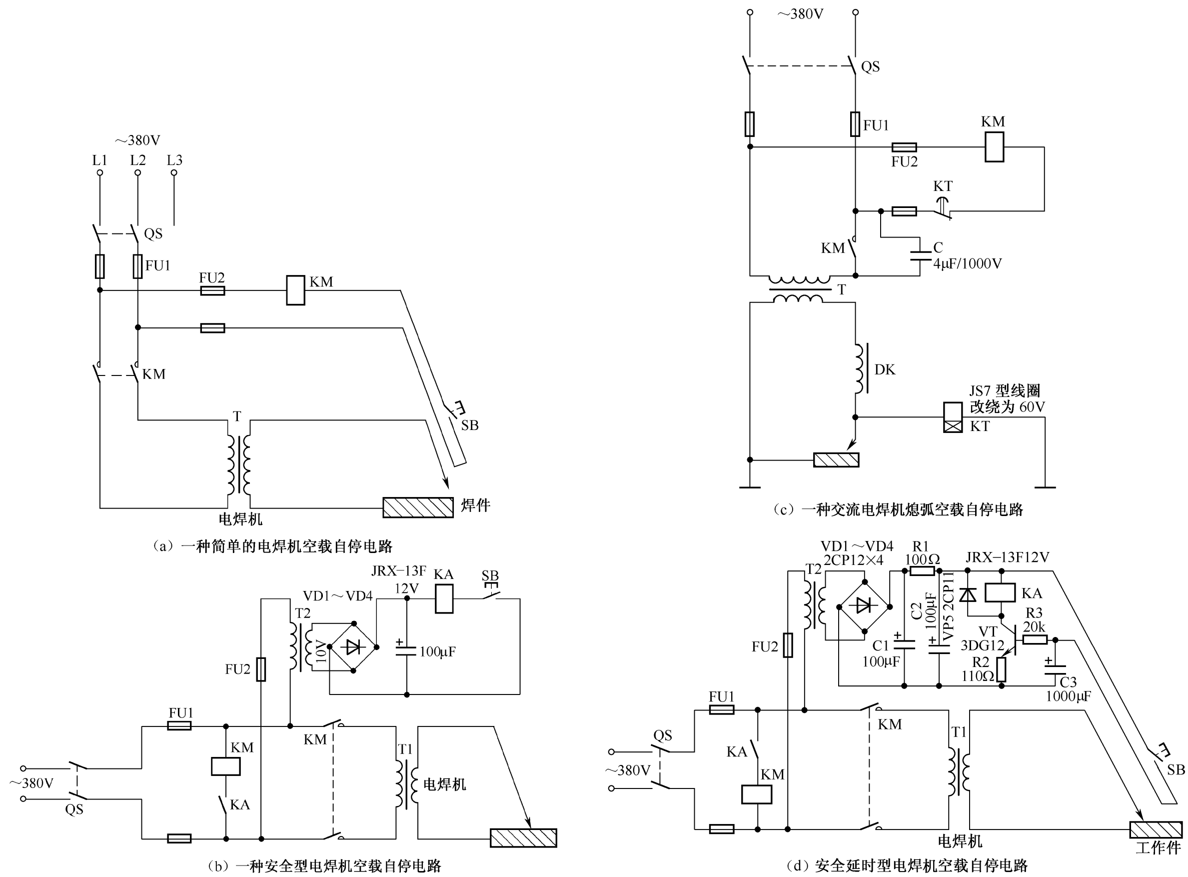
图 26-9（b）所示是一种安全型电焊机空载自停电路。SB 是加装在电焊钳胶柄上的微型按钮开关。当使用电焊机时，合上刀开关 QS，手握电焊钳胶柄，拇指随即按下按钮 SB，小型继电器得到低压直流电动作，KA 闭合，交流接触器又得电吸合。KM1 触点闭合，电焊机工作。焊接停止时，拇指抬起，SB 恢复原位，继电器失电动作，KA 开路，交流接触器释放，电焊机电源被切断。由于焊把上所加电压与按钮通入的是低压直流电，故操作较为安全。

图 26-9（c）所示是一种交流电焊机熄弧空载自停电路，它可以达到保险和节电的作用。这种电路应用了时间继电器来达到自动熄弧断电的目的。当合上刀开关 QS 时，交流接触器 KM 得电，电焊机通电，这时，电焊工如果不工作，电焊机空载电压为 60 ～ 70V，使时间继电器延时动作，KT 触点断开，KM 交流接触器实现空载自停。但并联在 KM 触点两端的电容器继续给电焊机供电，使继电器 KT 继续通电。当电焊机焊条与焊件地壳接触时，KT 两端电压很低，KT 释放，KT 触点闭合，电焊工即可焊接。焊接完毕，KT 两端电压升高，经延时再动作。

时间继电器的工作点应整定在电弧燃烧时不动作，而在熄弧时延时动作。

图 26-9（d）所示是安全延时型电焊机空载自停电路。目前，市场上出售的不少电焊机空载自停节电装置，大都利用电焊机本身变压器一次侧串入电容降低空载损耗，二次侧利用电流互感器检出起弧信号，经放大使一次侧交流开关吸合来进行焊接。这种电路的缺点是：节电效果不显著，焊机空耗仍在 100W 以上，加之利用电流互感器，通过的电流较大，故体积也大，电路也较复杂，故障较多。而图 26-9（d）是一种电路简单、成本低并具有延时电路的电焊机空载自停装置。

工作原理：SB 是加装在电焊机胶柄上的微型按钮。当使用电焊机时，合上刀开关 QS，手握电焊钳胶柄，拇指随即按下按钮开关 SB，三极管 VT 导通，继电器 KA 吸合，KA 触点闭合，交流接触器 KM 得电吸合，KM 触点接触，电焊机开始工作。焊接完毕时，拇指抬起，SB 恢复原位，经一定时间后，继电器失电释放，KA 开路，交流接触器线圈断电释放。电路中 C3 是为了使继电器 KA 延时释放所加的，可避免在焊接工件时微型按钮瞬间多次通断造成电焊机工作电源不正常。



（a）一种简单的电焊机空载自停电路
（b）一种安全型电焊机空载自停电路
（c）一种交流电焊机熄弧空载自停电路
（d）安全延时型电焊机空载自停电路

图 26-9　四种电焊机空载自停电路

26-10　交流接触器改为直流运行节电电路

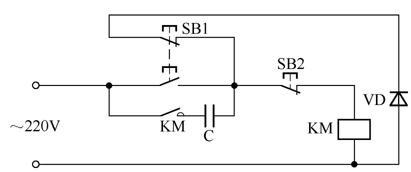


图 26-10　交流接触器改为直流运行节电电路

交流接触器改为直流运行可以消除运行中的噪声，降低释放电压，节电效果显著。

图 26-10 所示是一种简单的交流接触器改为直流运行节电电路。当启动电动机时，按下按钮 SB1，交流接触器 KM 吸合，KM 辅助触点也闭合，放松按钮 SB1，SB1 常闭触点将二极管 VD 接通，VD 与 KM 线圈并联，这时 KM 仍保持吸合，并转为直流运行。电容 C 串入电路，起降压作用，并使交流电在正负半波时都由上而下流过线圈，从而使交流接触器改为直流运行。

26-11　交流接触器无声运行电路

交流接触器改为无声运行有很多好处：

（1）节电效果显著；

（2）无噪声；

（3）运行温度低；

（4）延长使用寿命。

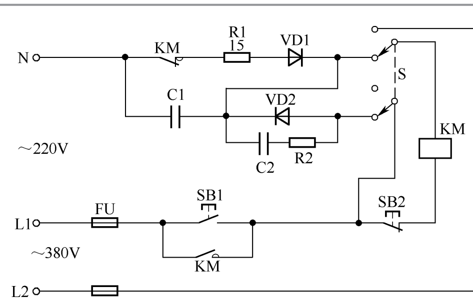


图 26-11　交流接触器无声运行电路

交流接触器无声运行电路工作原理如图 26-11 所示。按下 SB1，当电源 N 端为正、L1 端为负时，VD1 接入电路，供给接触器 KM 脉动直流电，接触器 KM 动作，接触器常闭触点 KM 断开，R1 和 VD1 退出电路。当 L1 端为正、N 端为负时 VD2 正向导通，对电容 C1 充电，并同时接通接触器 KM 续流回路。

当 N 端恢复为正时，则接触器 KM 靠电容 C1 充电电流维持直流供电。

S 为交直流转换开关，如整流电路需要进行故障维修时，可将转换开关 S 投入交流装置，使接触器转入交流运行而不影响电气设备的正常运行。

常用交流接触器型号为 CDC10－100 时，电容容量为 1. 47 μF/400V，二极管型号为 1N4007；交流接触器型号为 CDC10－150 时，电容容量为 1. 47 μF/400V，二极管型号为 1N4007；交流接触器型号为 CJ12B－250 时，电容容量为 2 μF/400V，二极管型号为 1N4007。

26-12　高压 10kV 母线无功功率补偿接线电路

电力电容器可用于提高电网的功率因数，利用电容电抗来减少电路中由于电感电抗的存在所造成的电压损失，可减少电路消耗，增加电路输送容量。

图 26-12 所示为高压 10kV 母线侧电容器组的接线电路。其优点是维护方便，能减少主变压器及输电电路的无功负荷。

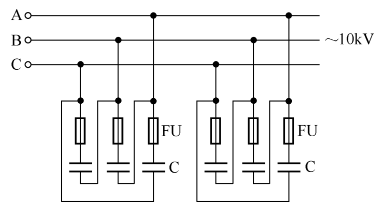


图 26-12　高压 10kV 母线无功功率补偿接线电路

26-13　电力电容在变电所用于无功功率补偿电路

电力电容器应用在变电所，可提高电网的功率因数，起到减少电路消耗、增加电路输送容量的作用。图 26-13所示为装在低压配电电路上的分组补偿电容器电路。其特点是能补偿配电网及配电变压器的无功损失，降低线损。但是轻负荷运行时电压过高，不能及时退出电容器运行，对用电设备和电容器不利。

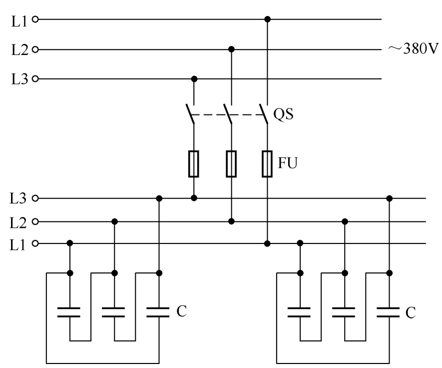


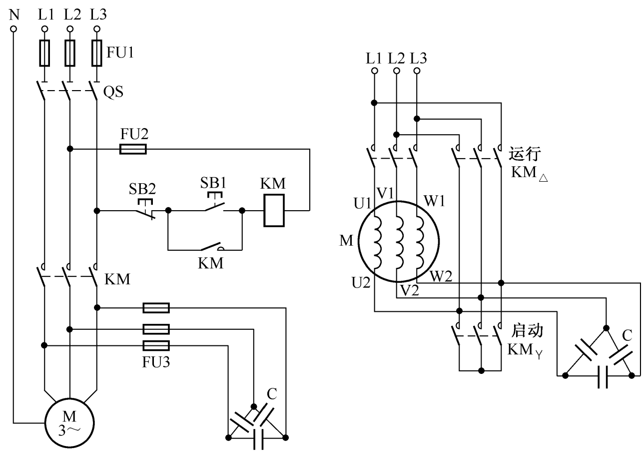
图 26-13　电力电容在变电所用于无功功率补偿电路

做无功功率补偿的电容容量要根据用电负荷计算。用电力电容补偿无功功率太多，会造成电容在电网上的补偿电压过高，造成用电设备烧坏；而补偿容量过小，又起不到很好的无功功率补偿作用。

26-14　电动机无功功率补偿电路

为了提高异步电动机运行时的功率因数，将电容器直接与电动机定子绕组连接在一起进行补偿，这样可使该电路电压升高，有助于电动机的启动，起到无功功率补偿的作用，如图 26-14（a）所示。

图 26-14（b）为Y－△形电动机无功功率补偿电路。



（a）异步电动机无功功率补偿电路　（b）Y-△形电动机无功功率补偿电路

图 26-14　电动机无功功率补偿电路

26-15　无功功率跟踪补偿电路

无功功率跟踪补偿电路如图 26-15 所示，它可利用电路中的功率因数高低，即网路电压高低来灵活投切电容器，也就是根据负荷情况及实际功率因数操作，确定是否补偿。当电网功率因数过低时，电容器可投入，若电网功率因数过高，则把正在运行的部分电容器退出，以防电压过高而损坏用电设备。

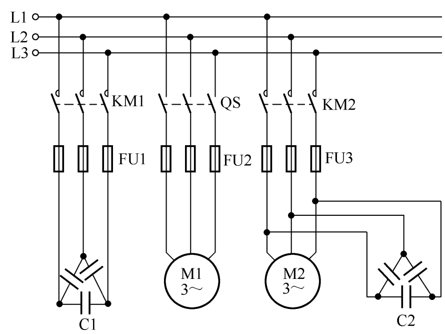


图 26-15　无功功率跟踪补偿电路

26-16　电压控制型无功补偿电路

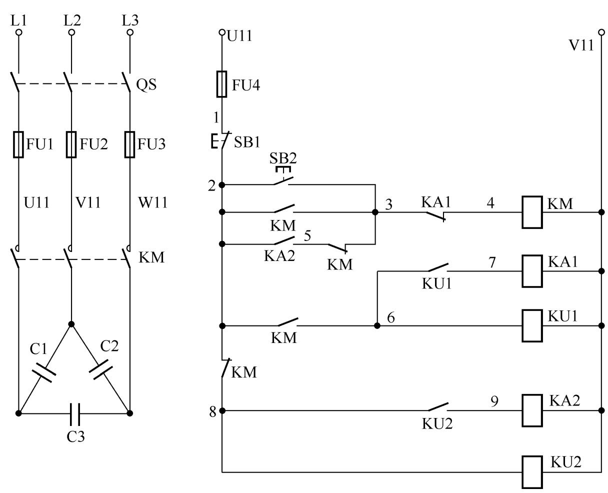


图 26-16　电压控制型无功补偿电路

电压控制型无功补偿电路包括以下两部分：主电路和控制电路。主电路包括电源隔离开关 QS、熔断器 FU1 ～ FU3、交流接触器 KM 的主触点及补偿电容器 C1 ～ C3 等。控制电路包括熔断器 FU4，控制按钮 SB1、SB2，中间继电器 KA1、KA2，过压继电器 KU1 及欠压继电器 KU2 等。电压控制型无功补偿电路如图 26-16 所示。

当电路需要无功补偿时，首先合上电源开关 QS，按下按钮开关 SB2，电流依次经过 U11 ～ FU4 → SB1 → SB2 → KA1 的触点（3 – 4）→ KM 线圈→V11，接触器 KM 的线圈得电动作，其触点（2 – 3）闭合自锁。KM 的触点（3 – 5）、（2 – 8）断开；其主触点接通，电容器 C1 ～ C3 投入运行；KM 的触点（2 – 6）闭合，电压继电器 KU1 的线圈得电吸合，KU1 进入检测状态。

26-17　电动缝纫机高效节电电路

电动缝纫机高效节电电路如图 26-17 所示，电路中的主要元件由霍尔开关集成电路 IC 及继电器 K 组成。合上开关 QS，电源接通，经 R1 和 C1 阻容降压、硅桥 V 整流、C2 滤波、VZ 稳压后，向 IC 提供 12V 直流电源。在操作工未踏动缝纫机踏脚时，磁铁处于 IC 相对应的工作位置，K 通电吸合，打开了常闭触点，缝纫机未通电，红色发光二极管 VL 发亮。反之，踏动缝纫机，由于固定安装于缝纫机离合器操纵杆上的磁铁随之下移，IC 失去磁场作用，其③脚呈高电位，K 失电释放，主回路常闭触点复位，M 运转，VL 熄灭。下班不用时，将 QS 关断。

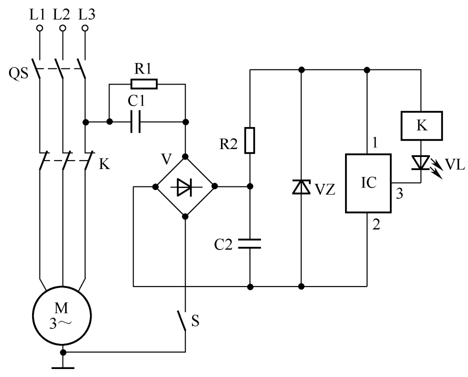


图 26-17　电动缝纫机高效节电电路

26-18　车床空载自停电路

图 26-18 所示是车床空载自停电路。图中 SQ 为限位开关，它受主轴操纵杆的控制。按下按钮 SB1，车床电动机启动运转。这时车工可通过操纵杆进行操作，在车工工作时，联动杆使 SQ 断开，在加工停止时，车工控制操纵杆，打到空挡位置，联动杆便压下限位开关 SQ，此时时间继电器 KT 吸合。如果在 KT 延时时间内限位开关没有复位，则 KT 将延时切断 KM 线圈电源，KM 断电释放，电动机停止。KT 延时时间可根据车床操作要求确定。如果车工在车床操作时有较长一段时间不工作，即使启动了电动机，空载运行超过 KT 延时时间，也会自动停止运行，以节约用电。

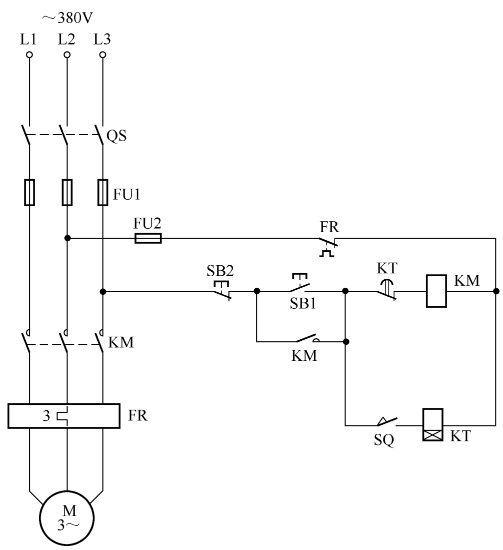


图 26-18　车床空载自停电路

26-19　光电控制自停电路

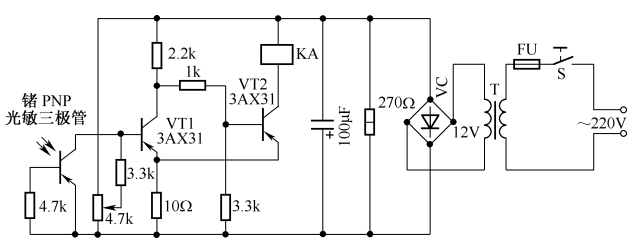


图 26-19　光电控制自停电路

印刷厂在切纸时，往往把很厚的纸用手放入切纸机内，这时如误用脚踩动切纸开关，切刀就会自动切纸，极易造成工伤。利用光电控制使工人正在操作时切纸机停机，可避免事故的发生，如图 26-19 所示。

其工作原理是：由 VT1、VT2 组成射极耦合双稳态触发电路，当切纸工人用手放纸时（在机器一边装有灯泡并向另一边照射，另一边装有接

收光敏三极管)，手正好遮挡住灯泡照射的光线，使光敏三极管呈高阻值，于是 VT1 导通，VT2 截止，继电器释放，因继电器的常开触点串入切纸机下刀操作的线圈回路，这时即使误踩切纸机下刀开关，也不会下刀，从而避免事故的发生。

26-20 齿轮机、车床空载自停电路

图 26-20 所示是齿轮机、车床空载自停电路。当车床离合器置于停止位置时，限位开关 SQ 被打开，交流接触器 KM 的线圈立即断电，使电动机停止运行，这样便可实现空载自停。

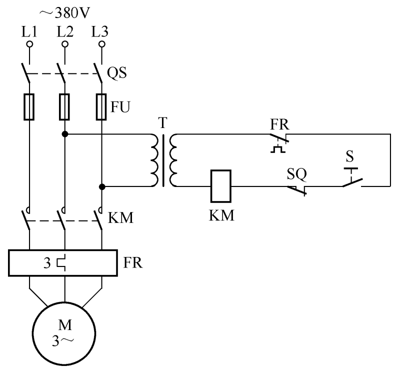


图 26-20 齿轮机、车床空载自停电路

26-21 砂轮机脚踏开关电路

图 26-21 所示是一砂轮机脚踏开关电路。脚踏开关 SQ 装在砂轮机的旁边，当砂轮磨件时，只要工作人员踏上开关 SQ，电磁开关线圈 KM 立即通电，电动机运转；当工作完毕后，工作人员离开砂轮，脚踏开关 SQ 自动开路，电磁开关断开，电动机停止工作。

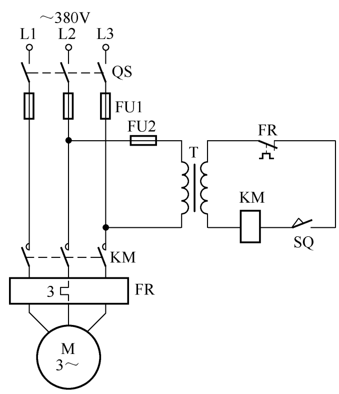


图26-21 砂轮机脚踏开关电路

第 27 章

报警与防盗电路

27-1　电力电缆防盗割报警电路

电力电缆防盗割报警电路图 27-1 所示。利用了电缆中一对暂时不用的空线，将它连在一起，始端接报警器的输入端 MN。正常情况下，由于 VS 的控制极经空线接地，所以 VS 无触发电而阻断，语音报警电路不工作。一旦电力电缆线被割断，VS 晶闸管便会导通，发出报警信号。

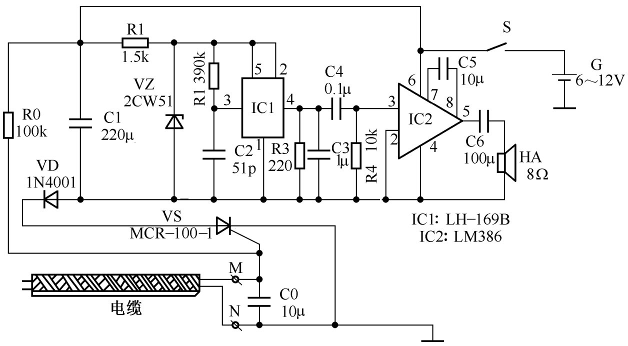


图 27-1　电力电缆防盗割报警电路

27-2　交流电动机防盗报警电路

图 27-2 所示为交流电动机防盗报警电路。当刀开关合在“1”的位置时，三相电动机正常运转；扳到“2”的位置时处于警戒状态，此时合上直流电源 S。当有人行窃时，只要他拆开三相电动机三根引线中的任意两根，都将使得 VT1 或 VT2 进入饱和状态，电源则通过饱和三极管为 VS 提供触发电流，使单向晶闸管导通，触发语音集成电路 IC 工作，从扬声器中发出一阵阵的警报声。

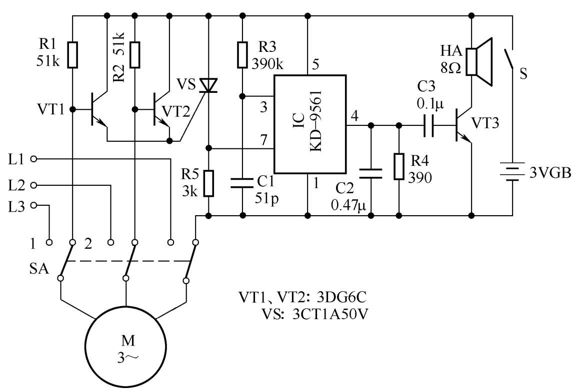


图 27-2　交流电动机防盗报警电路

27-3　漏电报警插座电路

漏电报警插座电路如图 27-3 所示，当三眼插座的设备漏电时，泄漏电流从电源相线流经电器外壳达到插座地线端，再经报警器回到电源中性线，构成回路，经 R1 降压、二极管 VD 整流后的脉冲电流使报警器发出声音警报。

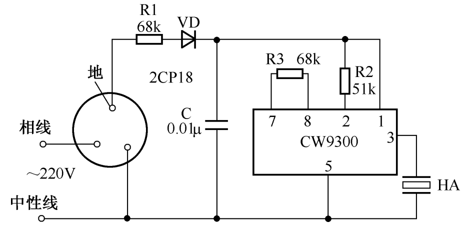


图27-3　漏电报警插座电路

27-4　交流电网停电、复电两用声响电路

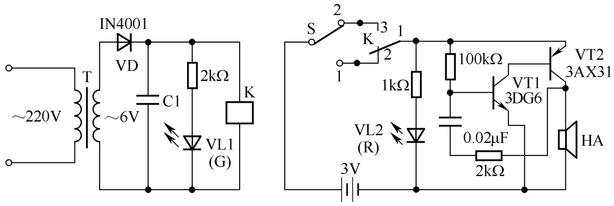


图27-4　交流电网停电、复电两用声响电路

交流电网停电、复电两用声响电路如图27-4所示，市电经降压、整流等，使绿色发光管VL1发光，同时使继电器K通电，其触点K（1－3）接通，若这时开关S处在“1”位置，由三极管VT1、VT2等组成的多谐振荡器不工作。当供电电路停电时，K释放，其触点K（1－3）断开，触点K（1－2）接通，VT1、VT2组成的振荡器得电振荡，推动扬声器HA发出嘟嘟……响声，同时红色发光管VL2发光指示断电。这时把开关S扳到“2”位置，就成为来电声响器，当供电电路来电时，继电器K得电吸合，红、绿两发光管同时发光，扬声器发出声音警报。

27-5　远距离潜水电泵防盗报警器电路

远距离潜水电泵防盗报警器电路如图27-5所示。合上电源开关，在不启动潜水电泵M时，变压器T通电工作。其二次电流经过接触器KM常闭触点KM－2，按钮ST的常闭触点与M的绕组形成回路，使继电器K得电吸合，其常闭触点断开电铃HA回路。当潜水电泵被盗或因其他原因断线时，K的回路被切断，于是HA便发出声音。工作时不会发出电铃声。按下ST后，其常闭触点切断K的回路，KM得电吸合并自锁，KM－2、KM－1同时切断T和HA回路。

当按下停止按钮SP时，KM释放，其常闭触点复位，防盗报警回路又回到了警戒状态。

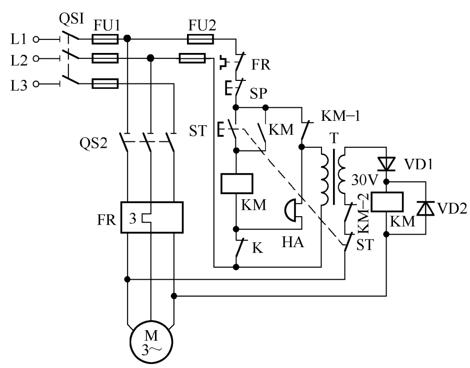


图27-5　远距离潜水电泵防盗报警器电路

27-6　激光探测防盗报警电路

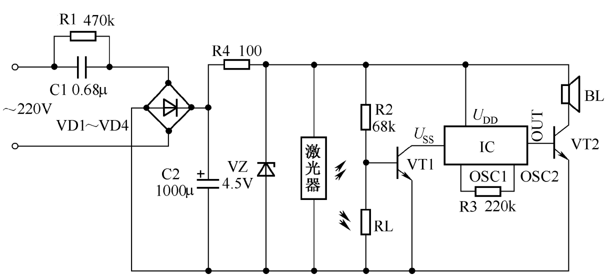


图27-6　激光探测防盗报警电路

激光探测防盗报警电路可用于农林、果园、瓜菜田地、鱼塘等场所的防盗报警，如图27-6所示。激光探测防盗报警电路由电源电路、激光监控电路和声音报警电路组成。

电源电路由降压电容器C1、泄放电阻器R1、整流二极管VD1～VD4、滤波电容器C2、限流电阻器R4和稳压二极管VZ组成。

激光监控电路由激光器、光敏电阻器RL、电阻器R2和三极管VT1组成。

声音报警电路由报警音效集成电路IC、电阻器R3、三极管VT2和扬声器BL组成。

交流220V电压经C1降压、VD1～VD4整流、C2滤波、R4限流及VZ稳压后，一路为激光器提供＋4.5V的工作电压，另一路供给声音报警电路。

平时，RL 受激光器发射的激光照射而呈低阻状态，VT1 因基极为低电位而截止，IC 不工作，BL 不发声。

当有人或物体进入警戒区域遮断激光通路时，RL 变为高阻状态，其两端电压降增大，使 VT1 饱和导通，IC 通电工作后输出的音效电信号经 VT2 放大后，驱动 BL 发出报警声（警笛声）。

若报警声太小，可增加一组功放电路或使用 TWH 系列高响度报警器和升压功放模块。若警戒距离较远，可将激光器与激光接收报警电路分开单独供电。

电路中的 RL 用 MG45 系列光敏电阻器；C1 选用耐压 500V 以上的涤纶电容器；C2 选用耐压 25V 的铝电解电容器；VD1 ～ VD4 均可选用 1N4007 硅整流二极管；VZ 选用 1W、4.5V 的硅稳压二极管，如 2CW21A 或 1N4732 等；VT1 选用 S9013 或 3DG6；VT2 选用 8050 或 3DG8050；IC 选用 KD9561 报警模拟音效集成电路；激光器选用 4.5V 玩具激光枪；BL 选用 0.25W、8Ω 的扬声器。

27-7　中小型变压器高压侧断相报警电路

对于 320kV·A 及以下的电力变压器，高压侧一般采用负荷开关或跌开式熔断器。如果高压侧断相，必将造成故障。

中小型变压器高压侧断相报警电路能及时发现断相，电路如图 27-7 所示。

当高压熔丝良好时，三相低压平衡，三相电容器 C 在 A 点形成中性点，电压基本为零，信号灯 EL 不亮，电铃 HA 不响。当高压一相或两相熔丝熔断时，A 点对地产生电压，EL 与 HA 便会发出声光报警信号。

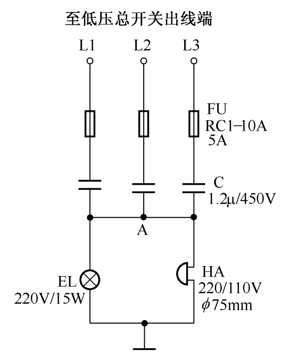


图 27-7　中小型变压器高压侧断相报警电路

27-8　变压器超温报警器电路

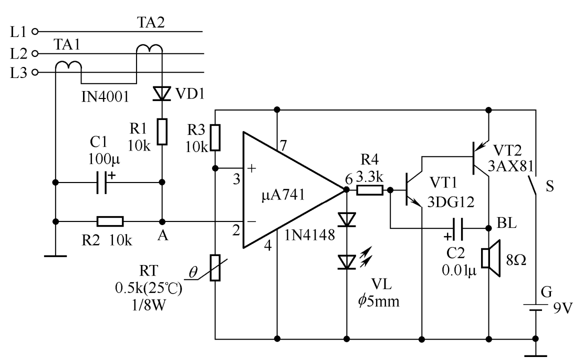


图 27-8　变压器超温报警器电路

变压器超温报警器电路如图 27-8 所示，它将电流互感器 TA1、TA2 接于变压器二次侧某两相线上，正温度系数热敏电阻器 RT 浸没在变压器油中。TA1、TA2 感应出的交流电压经 VD1 整流和 R1、C1 滤波后，在 A 点具有一定的电位。当油温升高后，RT 的阻值也增大，使运算放大器的③脚电位大于②脚电位，在其⑥脚输出高电位，使 VT1、VT2 与 C2、BL 组成的音频振荡器工作，于是扬声器 BL 和发光二极管 VL 便发出声光报警信号。

27-9　简单的电子报警电路

图 27-9 所示电路可组成一个最简单的报警电路，图中在三极管的基极和发射极之间接入一段直径为 0.1 ～ 0.2mm 的铜导线（或漆包线），沿着被保护的物品的边沿拉起来。这条保护线电阻不大，因此可以认为三极管的基极和发射极是直接相连的。当保护线未断开时，三极管截止，接在三极管集电极的小型继电器 KA 不会动作。当保护线拉断时，则三极管导通，继电器 KA 吸合，由继电器触点接通的信号装置，如电铃、电笛、信号灯等（图中未画），立即发出警报。

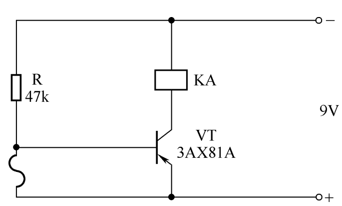


图 27-9　简单的电子报警电路

27-10　电工常用警语牌电路

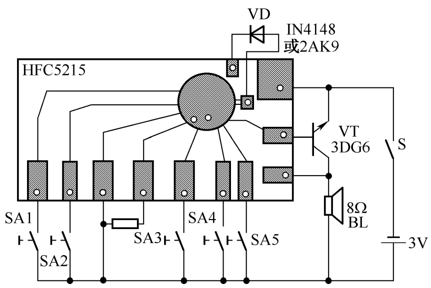


图 27-10　电工常用警语牌电路

电工常用警语牌电路是用 HFC5215 语音集成电路制作的电工常用警语牌，HFC5215 内部共储存了五句电工警语：“止步”、“禁止攀登”、“高压危险”、“止步，高压危险”、“禁止攀登，高压危险”。按图 27-10 接好手控开关 SA1 ～ SA5，一个开关控制一句话，每触发一次，播放两次警语。

27-11　夜间作业闪光标志灯电路

夜间作业闪光标志灯电路如图 27-11 所示。C1、VD、C2 和稳压二极管 VZ 等组成电容降压、半波整流、滤波、稳压电路。555 时基电路及光敏三极管 VTL 等构成光控振荡器。白天光照强度较大，VTL 的集电极与发射极间呈现的阻值很小，555 内部放电管放电，所以电路不振荡，其输出端③脚为低电平，双向晶闸管 VS 关断，警告灯 EL 不亮。入夜，光照强度弱，VTL 的阻值增大，555 的④脚电压也升高，555 电路振荡，555 的③脚输出振荡频率，触发 VS，使 EL 一闪一闪地发光。改变 RP 的阻值，即可改变灯光的闪烁频率。

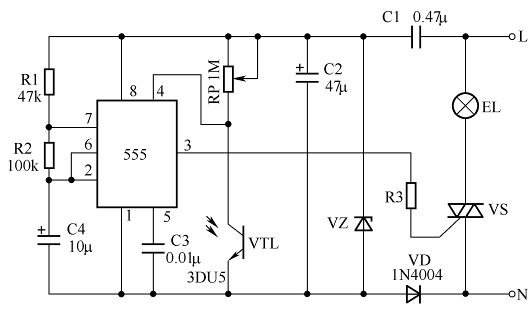


图 27-11　夜间作业闪光标志灯电路

27-12　给门铃增加防盗报警功能电路

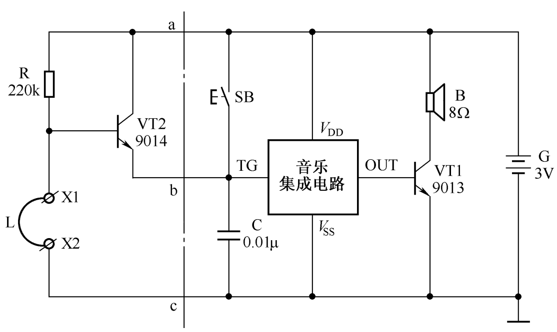


图 27-12　给门铃增加防盗报警功能电路

给门铃增加防盗报警功能的电路如图 27-12 所示。门铃平时可照常使用，虚线右边为电子门铃原有电路，左边为新增断线式防盗报警电路。其中，X1、X2 为接线柱，L 是缠绕在防盗物上的细漆包线，一旦人为把导线弄断，门铃即能报警。

平时，三极管 VT2 的发射结被细导线 L 短路，VT2 处于截止状态，与其发射极相连的音乐集成电路的触发端 TG 无高电平或正脉冲触发信号，故音乐集成电路不工作，VT1 截止，扬声器 B 无声。一旦有人翻动家物时，紧缠的细防盗报警线 L 就会被扯断，VT2 由电阻器 R 获得偏流而导通，音乐集成电路的 TG 端通过导通的 VT2 获得高电平触发信号，音乐集成电路受触发工作，其 OUT 端反复输出内储的音乐电信号，即可通知主人有盗贼行窃。

第28章

电工经验电路

28-1 直流电磁铁快速退磁电路

直流电磁铁在停电后，因有剩磁存在，有时会造成不良后果。因此，必须设法消除剩磁。在图28-1中，YA是直流电磁铁线圈，KM是控制YA启、停的接触器。KM吸合时，YA通电励磁；KM复位时，YA断开直流电，并进行快速退磁。

快速退磁的工作原理是：直流电磁铁断电后，交流电源通过VD1～VD4整流桥和YA向电容C充电，随着电容C两端电压的不断升高，充电电流越来越小，而通过YA的电流又是交变的，从而使电磁铁快速退磁。电容C的容量要根据电磁铁的实际情况现场试验决定。图28-1中，R为放电电阻。

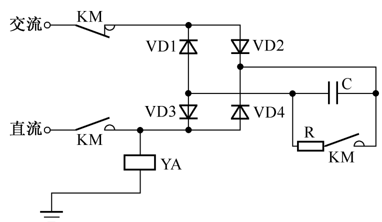


图28-1 直流电磁铁快速退磁电路

28-2 消除直流电磁铁火花电路

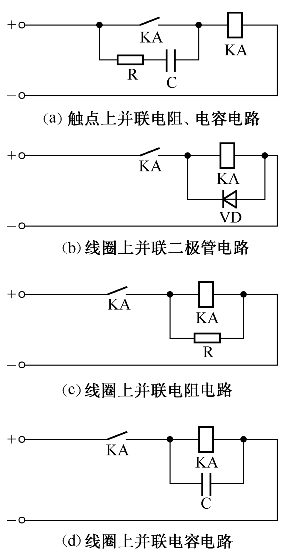


图28-2 消除直流电磁铁火花电路

直流电磁铁、直流继电器在线圈断电时，因自感电动势存在，会产生很高的过电压，它会与电源电压一起加在触点的间隙上，形成火花放电，或被通入电路中，对电路中其他元器件造成破坏。

图28-2（a）所示为触点上并联电阻、电容电路。电容参数主要靠试验确定。调试时使触点上出现最大电压峰值不超过300V，触点闭合时，电容向触点放电出现的最大电流（R/U）不得超过触点的允许电流值，以此来选择电阻R。

图28-2（b）所示为线圈上并联二极管电路，二极管额定电流I_e由继电器线圈上的电压和继电器线圈上的电阻确定，运用欧姆定律，即$I=U/R_x$（A）。

图28-2（c）所示为线圈上并联电阻电路，一般要求电阻R是线圈上的直流电阻的3倍。

图28-2（d）所示为线圈上并联电容电路，电容值越大，电磁铁反电动势越小，但电磁铁释放会变慢。电容容量要根据实际情况来试验选取。

28-3 防止制动电磁铁延时释放电路

采用交流电磁铁制动的三相异步电动机，有时会因制动电磁铁延时释放，造成制动失灵。造成电磁铁延时释放的原因是接触器的主回路电源虽被切断，但电动机由于剩磁存在，定子绕组产生感应电势，加在交流电磁铁上，使电磁铁不会立即释放。解决方法很简单，只要在交流电磁铁线圈上串联一个交流接触器常开触点，使得断开电动机电源时，同时断开电磁铁与电动机绕组线圈，使电磁铁立即释放，如图28-3所示。

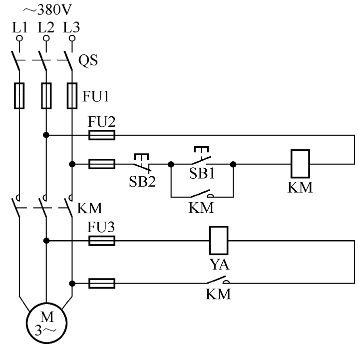


图 28-3　防止制动电磁铁延时释放电路

电路中的 YA 为制动电磁铁，在通电后，制动解除，在断电后，YA 立即制动。

28-4　他励直流电动机失磁保护电路

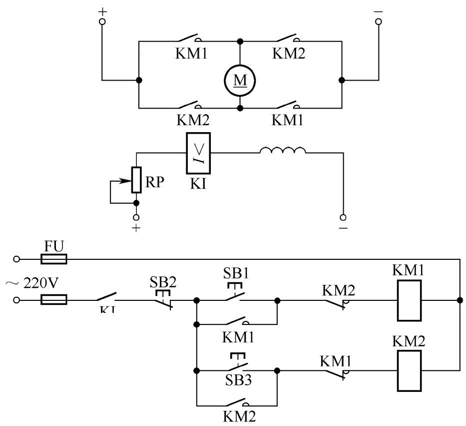


图 28-4　他励直流电动机失磁保护电路

他励直流电动机励磁电路如果断开，会引起电动机超速，产生严重不良后果，因此需要进行失磁保护。

在励磁电路内，串联一个欠电流继电器 KI，其常开触点接在控制电路中。当励磁电流消失或减小到设定值时，KI 释放，KI 常开触点断开，切断电动机电枢电源，使电动机停转，从而避免超速现象发生，如图 28-4 所示。

28-5　串联灯泡式强励磁电路

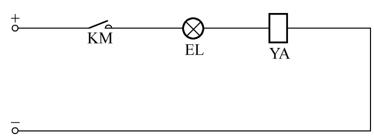


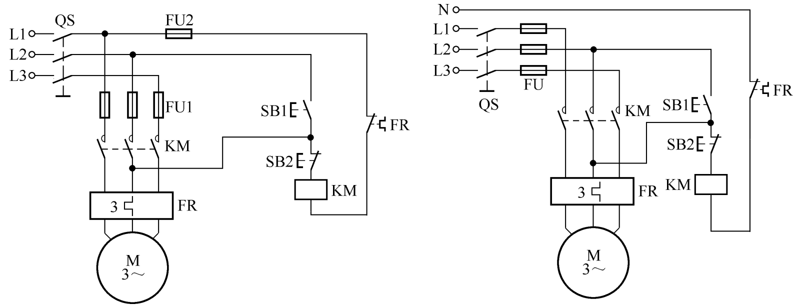
图 28-5　串联灯泡式强励磁电路

直流电磁铁接通电源后，由于线圈的自感作用，限制了电流的上升率，使电磁铁吸合缓慢。为了提高电磁铁的吸合速度，可采取强励磁方法。

图 28-5 所示为串联灯泡式强励磁电路。白炽灯的热态电阻为冷态电阻的 10 ～ 12 倍，可以利用白炽灯冷、热态电阻值变化的这一特性进行强励磁。电磁铁启动时，因冷态白炽灯电阻小，所以电磁铁线圈上分压大，被强励磁。启动完毕后，白炽灯被点亮，热态电阻增大，电磁铁线圈上的分压小，转为正常励磁。

28-6　缺辅助触点的交流接触器应急接线

当交流接触器的辅助触点损坏无法修复而又急需使用时，采用图 28-6 中的接线方法，可满足应急使用要求。按下 SB1，交流接触器 KM 吸合。放松按钮 SB1 后，KM 的触点兼作自锁触点，使接触器自锁，因此 KM 仍保持吸合。图中 SB2 为停止按钮，在停止时，按动 SB2 的时间要长一点。否则，手松开按钮后，接触器又吸合，使电动机继续运行。这是因为电源电压虽被切断，但由于惯性的作用，电动机转子仍然转动，其定子绕组会产生感应电动势，一旦停止按钮很快复位，感应电动势直接加在接触器线圈上，使其再次吸合，电动机继续运转。接触器线圈电压为 380V 时，可按图 28-6（a）接线；接触器线圈电压为 220V 时，可按图 28-6（b）接线。图 28-6（a)所示的接线还有缺陷，即在电动机停转时，其引出线及电动机带电，维修不大安全。因此，这种电路只能在应急时采用，并在维修电动机时断开控制电动机的总电源 QS，这一点应特别注意。



（a）接线方法一　　（b）接线方法二

图 28-6　缺辅助触点的交流接触器应急接线

28-7　防止电压波动造成停转的电路

有时电源在某一瞬间电压低或失电压，会引起交流接触器跳闸，造成停转。而在有些关键生产中不允许频繁正常停转，那样会造成不必要的损失。这里介绍一种电路，可防止电压波动造成停转。如图 28-7 所示，当瞬间失电压时，电路中的延时继电器触点处于吸合状态，所以因瞬间电压波动而掉闸的 KM 会立即恢复吸合状态。时间继电器 KT2 主要用于在按下 SB2 后停转延迟一段时间，让其常闭触点动作，切断 KT1 回路，确保 M 停转。

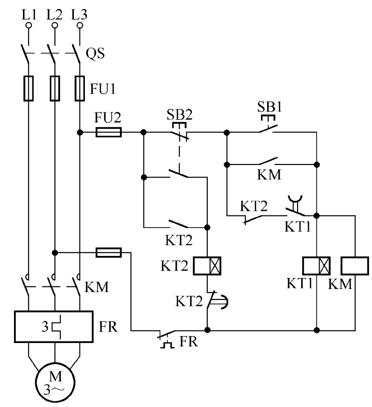


图 28-7　防止电压波动造成停转的电路

28-8　加密的电动机控制电路

为防止误操作电气设备，以及防止非操作人员启动某些设备开关按钮，可采用加密的电动机控制电路，如图 28-8 所示。操作时，首先按下 SB1 按钮，确认无误后，再同时按下加密按钮 SB3，这样控制回路才能接通，KM 线圈才能吸合，电动机 M 才能转动起来。而非操作人员不知其中的加密按钮（加密按钮装在隐蔽处），故其他人不能操作此设备开关。

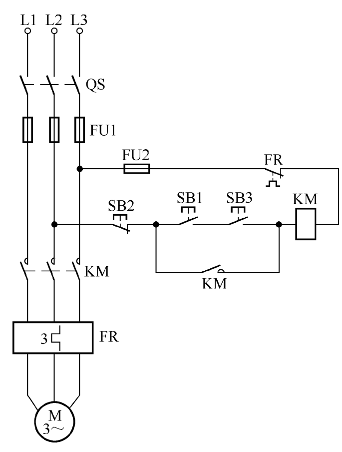


图 28-8　加密的电动机控制电路

28-9　交流接触器低电压启动电路

当供电电压在交流接触器吸引线圈额定电压的 85% 以下时，启动接触器衔铁将跳动不止，不能可靠吸合。在交流接触器的控制回路中串联一个整流管，改为直流启动交流运行，就可以避免上述问题。交流接触器低电压启动电路如图 28-9 所示。按下按钮 SB1，经二极管 VD 半波整流的直流电压加在交流接触器 KM 线圈上，KM 吸合。其辅助触点将二极管 VD 短路，交流接触器投入交流运行。

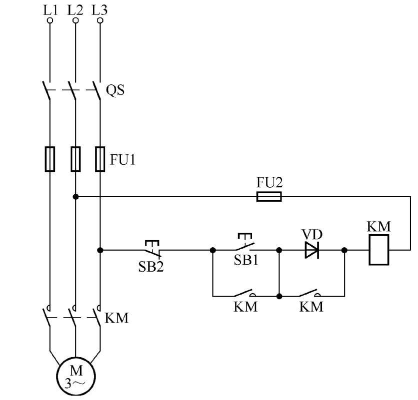


图 28-9 交流接触器低电压启动电路

因为启动电流较大，所以这种电路只适用于操作不频繁的场合。电路中的二极管 VD 应选用耐压大于 400V 的二极管，电流要根据交流接触器线圈电流而定。

28-10 HF-4-81 系列发电机控制电路

HF-4-81 系列发电机控制电路如图 28-10 所示，它与 T2XV 系列小型三相同步发电机配套。同步发电机的励磁系统采用电复合相复励调压。该电路将发电机端电压经线性电抗器 L 移相，然后与发电机负荷电路中的电流互感器 5TA ～ 7TA 二次电压合成，经三相桥式整流器整流后，供发电机 GS 励磁自动调压。

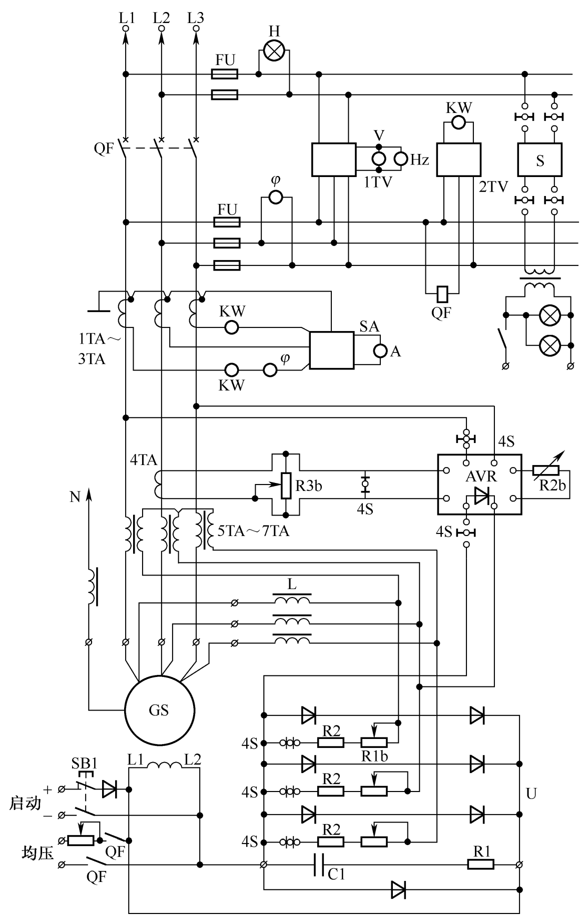


图 28-10 HF-4-81 系列发电机控制电路

28-11　单相电容电动机接线

单相电容电动机启动转矩大，启动电流小，功率因数高，广泛应用于家用电器中，如电风扇、洗衣机。为了便于维修安装，现介绍这种电动机常用的接线方法。

图 28-11（a）所示为可逆控制电路，操纵开关 S2，可改变电动机的转向，该电路一般用于家用洗衣机上。

图 28-11（b）所示为带辅助绕组的接线电路，拨动开关 S，可改变辅助绕组的抽头，即改变主绕组的实际承受电压，从而改变电动机的转速，此接线方法常用于电风扇上。

图 28-11（c）所示为带电抗器调速的电容电动机接线电路。由于电抗器绕组的串入，其在电路中起到降压作用，调节电抗器绕组的串入量即可改变转速。这种方法目前广泛应用在家用电风扇电路中。在启动电动机时一般先拨到“1”挡上，即高挡，这时电抗器不接入电路，使电动机在全压下启动，然后再拨“2”挡或任何挡来调节电动机转速。

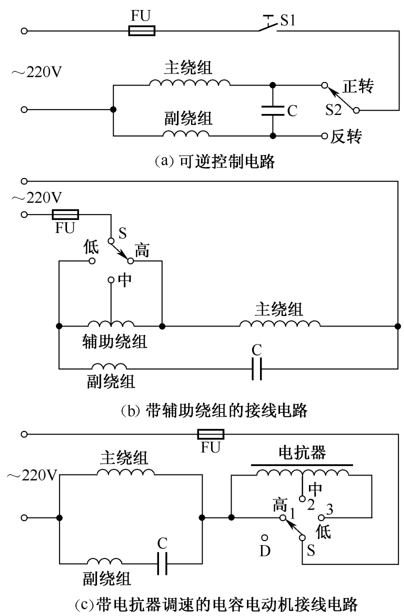


图 28-11　单相电容电动机接线

28-12　自制绝缘检测器电路

图 28-12 所示是自制绝缘检测器电路，它既可用作电路绝缘监视，又可代替兆欧表检查电动机、测量电器的绝缘电阻。当合上隔离开关 QS 时，在相电压作用下，整个绕组和接地外壳之间的泄漏电流流过绝缘层和电阻 R1、R2。如果绝缘电阻符合标准（即绝缘电阻值大于 0.5MΩ），则泄漏电流很小时，在 R2 上的电压降小于氖（Ne）灯的点燃电压，氖灯不亮；当任意二相或三相对机壳的绝缘电阻同时降低时，泄漏电流大增，使氖灯点燃，从而可判定绝缘不合格。

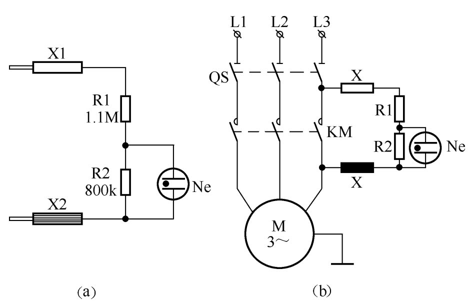


图 28-12　自制绝缘检测器电路

28-13　由两个单向晶闸管构成的三相电动机接单相电源的启动电路

由两个单向晶闸管构成的三相电动机接单相电源的启动电路如图 28-13 所示。这是一种无移相电容的启动电路，适合在三相电动机接入单相电源上启动时使用。

电路图中，由二极管 VD1、VD2 及单向晶闸管 VS1、VS2 共同构成了双向电子开关；二极管 VD3、VD4 构成了电源电压全波整流器；电阻 R1 和稳压二极管 VZ 构成了稳压电路；VS1 和 VS2 晶闸管的触发信号受 VT1 和

VT2 状态的控制。

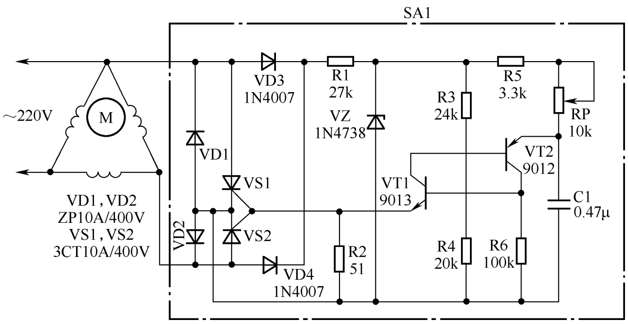


图 28-13　由两个单向晶闸管构成的三相电动机接单相电源的启动电路

28-14　三相异步电动机改为单相运行电路

如果只有单相电源和三相异步电动机供使用，可采用并联电容方法使三相异步电动机改为单相运行。

图 28-14（a）所示为电动机的Y形连接方法，图 28-14（b）所示为电动机的△形连接方法。为了提高启动转矩，将启动电容 QC 在启动时接入电路中，在启动完毕后退出。

工作电容容量的计算公式：

$$GC = 1950I/U\ \cos\varphi(\mu F)$$

式中，I 为电动机额定电流；U 为单相电源电压；$\cos\varphi$ 为电动机的功率因数。

当计算出工作电容后，启动电容选用工作电容的 1 ～ 4 倍。

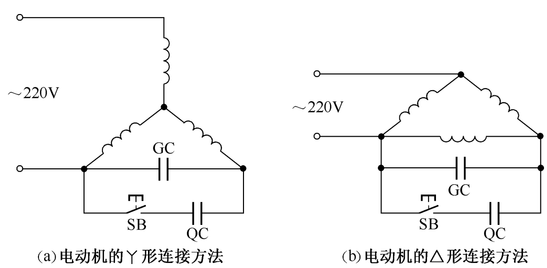


图 28-14　三相异步电动机改为单相运行电路

28-15　热继电器校验台电路

热继电器在长期通电过程中易出现热老化现象，使其动作特性改变。要保持特性的一致性和稳定性，一个最重要的措施就是对热继电器进行定期校验。

热继电器校验台电路如图 28-15 所示，主要由调压器 TV、降压变压器 T、滑线电阻 RP、410 型毫秒表等元件组成。

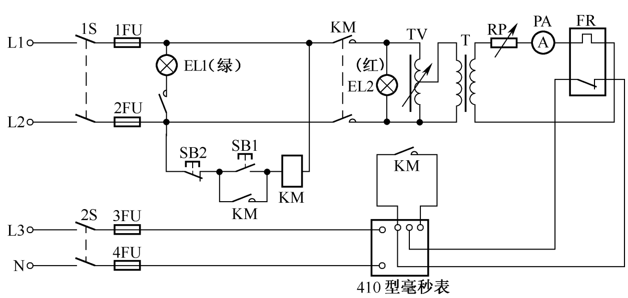


图 28-15　热继电器校验台电路

三相双金属片（热继电器 FR）应串联起来，接入试验回路。校验前，先检查热继电器的刻度电流与电动机的额定电流是否相符，然后给热继电器通以 $1.05I_N$（额定电流，通过调整 RP 实现）的电流，检查其同步性，即三相双金属片是否同时接触。如果不同步，则用平口钳钳住双金属片与支架点焊处，来调整同步性。同步性调好后，首先做启动试验，给热继电器 FR 通以 $6I_N$ 的电流，它在 5s 内不应动作；其次做运行试验，给 FR 通以 $1.05I_N$ 电流，使热继电器加热到稳定热态，过 30min 后，慢慢地调节 RP，使 FR 动作，再稍往回旋一点，使 FR 触点断开；再将试验电流提高到 $1.2I_N$，此时应在 20min 内动作。这样，热继电器的整定校验方告结束。

调整校验时应注意以下两点：

（1）不允许用钳子钳弯双金属片，以免影响保护的稳定。

（2）校验连接导线应有足够的截面，以免影响动作时间。

28-16　绝缘耐压测试仪电路

图 28-16 所示的绝缘耐压测试仪可测灯具，将待测灯具与 A、B 两接线柱接好，按下按钮 SB1，KM1 得电并自锁；然后将调压器 VT（1:10，输出 0 ～ 250V）调至需测的电压值，如需调到 1500V，则将 VT 调到电压表指示 150V（同理，做 2000V 耐压时，调到电压表指示 200V），经时间继电器 KT 延时后，电源自动切断。

若被测物绝缘击穿，电流即迅速增加，电流继电器 KI 动作，KM2 得电动作并自锁，KM1 失电，KM1 的常开触点切断主回路电源，蜂鸣器 HA 发出声响，按下 SB2 后电路全部关断。应用操作这种仪器时，要特别注意人身安全，工作通电时，高压测试区禁止人靠近。

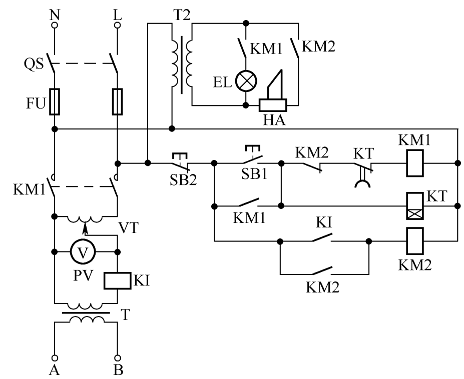


图 28-16　绝缘耐压测试仪电路

28-17　用一根导线传递联络信号电路

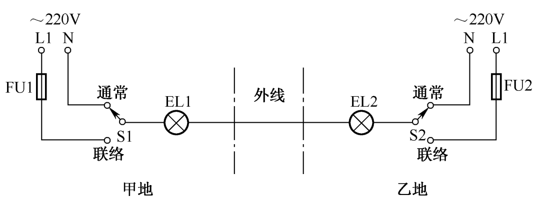


图 28-17　用一根导线传递联络信号电路

在某些生产过程中，需要两地的生产人员能传递简单的信息，以协调工作。图 28-17 所示是用一根导线传递联络信号电路。两地各有一个双掷开关控制信号灯联络，信号灯分别装在两地，一地一个。当甲地向乙地发联络信号时，拨动开关 S1，乙地的指示灯亮，待乙地完成甲地所指示的任务后，乙地可把开关拨至“联络”位置，通知甲地工作已完成。

28-18　用单线向控制室发信号电路

图 28-18 所示电路可使甲乙两地都能向总控制室发联络信号。当甲地向总控制室发信号时，按下按钮 SB1，控制室的电铃告警。同理当乙地向总控制室发信号时按下 SB2 即可。甲乙两地信号可用信号铃声的时间长短或次数区分。

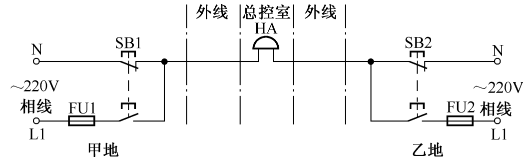


图 28-18　用单线向控制室发信号电路

28-19　利用热继电器制作限电器电路

热继电器多用于电动机过流保护，但在一些集体用电单位或用电场所也可作为限电器。

利用热继电器制作限电器电路如图 28-19 所示。注意，应把热继电器复位按钮螺钉旋出，选用热继电器的额定电流和用户总的额定电流要一致。

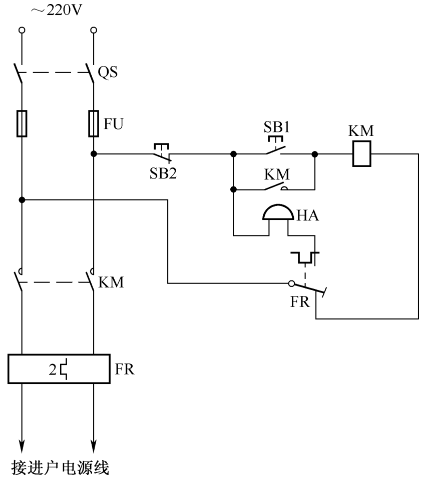


图 28-19　利用热继电器制作限电器电路

28-20　简易测量导线通断的接线方法

图 28-20 所示是一感应测电笔电路。它可方便地测出导线的断芯位置。

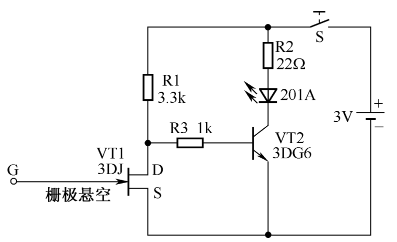


图28-20　简易测量导线通断的接线方法

在用来测电线断芯位置时，在电线一端接上 220V 的电源相线，然后用感应测电笔的探头栅极靠近被测电线，并沿线移动。如果发光二极管在移动中突然熄灭，那么此处便是电线断芯位置。

28-21　用行灯变压器升压或降压的接线方法

在某些地方，因网路电压长期较低，或者由于夜间用电量减少，网路电压升高，一些电器将不能正常工作或损坏，利用行灯变压器升压或降压可避免此类问题，如图 28-21 所示。

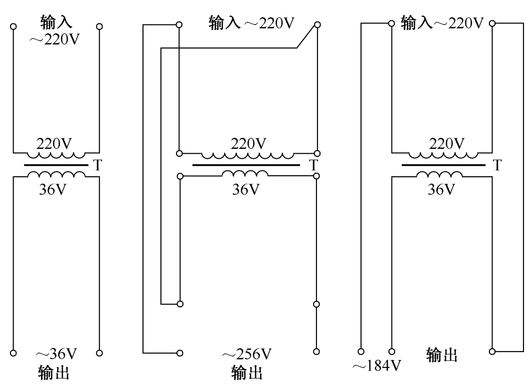


图 28-21　用行灯变压器升压或降压的接线方法

采用此法应注意两点：一是在接线前必须把行灯变压器二次侧一端与壳体的连接线（保护接地线）拆除；二是要注意行灯变压器的一次侧绕组的电流都不能超过各自的额定电流值。

28-22　检查晶闸管的接线方法

利用图 28-22 所示的简便方法可检查晶闸管的好坏。当开关 S 断开时，灯泡不亮，而当开关 S 闭合后，灯泡发亮，说明晶闸管能导通工作，否则晶闸管就是坏的。此方法对一般晶闸管均能测试，灯泡选用 1.5V 小电珠灯泡。

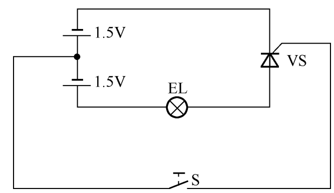


图 28-22　检查晶闸管的接线方法

28-23　用电焊机干燥电动机电路

如果电动机受潮，而体积又较大，不容易拆除并放在烘箱内干燥。可将电焊机低压电通入电动机三相绕组，用电流升温干燥电动机。此方法适用于干燥 20 ～ 60kW 的电动机，电焊机的容量应根据电动机容量选用。通入电动机绕组线圈的电流可由电焊机来调节，但在烘干时应注意通入的电动机电流不能超过电动机本身额定电流太多，并且注意观察电动机和电焊机温度都不能升得过高。用电焊机干燥电动机电路如图 28-23 所示。

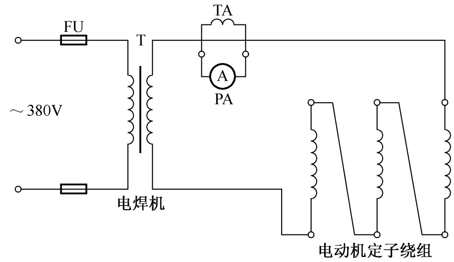


图 28-23　用电焊机干燥电动机电路

28-24　短路干燥变压器电路

把变压器的一侧绕组短路，另一侧用自耦变压器施加电压，使变压器绕组内流过额定电流，依靠绕组铜损（I^2R）产生的热量来加热变压器，可达到干燥变压器的目的，如图 28-24 所示。本方法简便实用，干燥升温快。但需要的自耦变压器容量也较大，一般比被干燥变压器的容量大 10% 以上。另外此法也容易产生局部过热，并且耗电量较大，所以，一般只适用于被干燥变压器容量不大的情况下。安全起见，一般都从变压器低压侧施加电压，而把高压侧短路。对三绕组变压器，只能把其中一个绕组接电源，另一个短路接地，而第三个绕组要开路。使用短路干燥法应注意观察短路侧的电流不能超过该侧的额定电流太多。

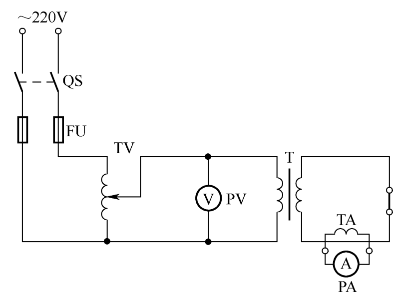


图 28-24　短路干燥变压器电路

28-25　巧用变压器电路

有些地区的电压常低于 220V，而有些地区的电压则高于 220V，那么用现有的双线圈变压器接成自耦变压器来升高或降低电源电压，即能使额定电压为 220V 的用电器正常工作，如图 28-25 所示。当开关 S 在“升压”位置时，变压器相当于一个自耦变压器，将电源电压升高 6.3V；如将开关 S 拨在“正常”位置时，负载直接接到电源上，输出电压仍为电源电压。图中的黑圆点表示绕组的同名端。如果将一、二次侧的连接线改为同名端相连，则输出电压将降低 6.3V。采用这种接法，负载电流不得大于一、二次侧的额定电流。网路电压如果经常比 220V 低（或高）30 ～ 40V，可选 220/36V 的变压器连接。

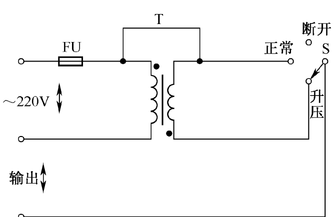
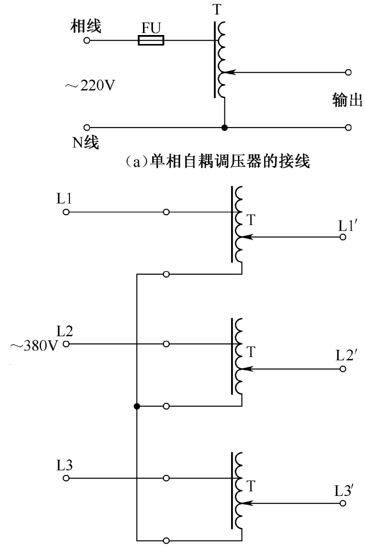


图 28-25　巧用变压器电路

28-26　单相、三相自耦调压器的接线

单相自耦调压器在工厂等场所应用极为广泛，其接线如图 28-26（a）所示。

三相自耦调压器的接线如图 28-26（b）所示。这种接触式自耦调压器是一种可调的自耦变压器，它可作为带负载无级平滑调节电压用的用电设备。三相自耦调压器将三个单自耦调压器叠装，电刷同轴转动，按Y形接法连接。



（a）单相自耦调压器的接线

（b）三相自耦调压器的接线

图 28-26　单相、三相自耦调压器的接线

28-27　扩大单相自耦调压器调节电压范围电路

一般的单相自耦调压器调压范围是 0 ～ 250V，但有时需要高于 250V 的可调电压，那么按图 28-27 接线，可以得到 0 ～ 406V 连续可调的输出电压。当 S 拨在“1”挡位置时，输出电压为 0 ～ 250V；将 S 拨在“2”挡位置时，输出电压为 220 ～ 400V。

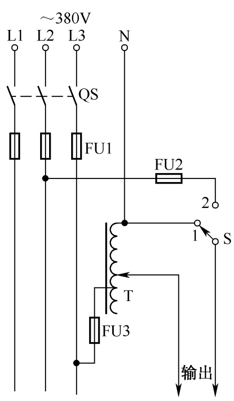
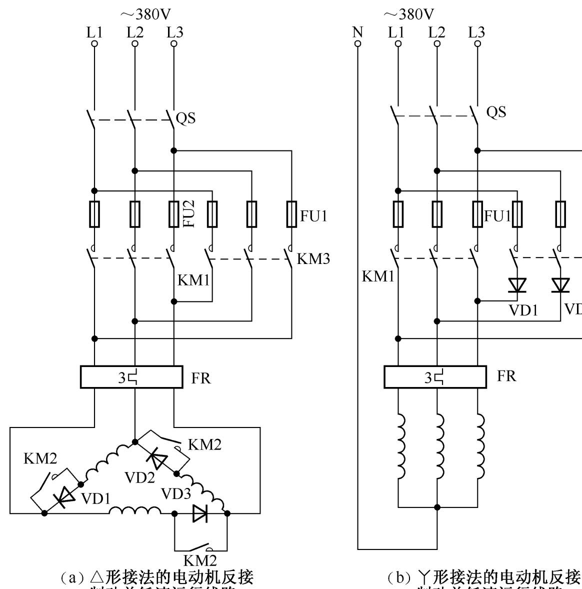


图 28-27　扩大单相自耦调压器调节电压范围电路

28-28　三相异步电动机低速运行电路

有时由于工作的需要，如机床运动部件准确定位，需要电动机降低速度运行。如图 28-28 所示是一种三相异步电动机反接制动后并低速运行的电路，图中只画了主回路。KM1 和 KM2 为电动机正常运行接触器，KM3 为电动机反接制动接触器。

图 28-28（a）所示为△形接法的电动机反接制动并低速运行电路。KM1、KM2 吸合，电动机正常工作，在制动时，KM1、KM2 释放；KM3 接触器接通电源，这时电动机线圈绕组中串联二极管，电流中含直流成分，既有助于电动机制动，又能使电动机低速反转，在工作完毕时可切断 KM3 的电源。图 28-28（b）所示为Y形接法的电动机反接制动并低速运行电路，工作原理同上。



（a）△形接法的电动机反接制动并低速运行线路　（b）Y形接法的电动机反接制动并低速运行线路

图 28-28　三相异步电动机低速运行电路

28-29　自制能消除感应电的验电笔电路

在测试三相交流电时，如果带电的电路较长，这时，即使三相交流电缺一相电源，用一般的验电笔测试，也很难判断出是哪根电线缺相（因为电路较长，会使并行的线与线之间产生的电容容量增大，使不带电的某一根电线产生感应电）。为了快速、准确地判断，可在一般的低压验电笔的氖灯上并联一个 1500pF 的小电容，这样在测强电时，电笔照常发光。而测得的是感应电时，感应电会通过电容再经过人体被大地吸收掉，所以电笔不发光。在自制这种验电笔时，应把电笔上串联的保护电阻放在测电笔电路的最前边，以保障安全，如图 28-29 所示。

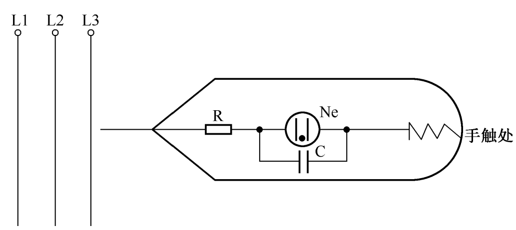


图 28-29　自制能消除感应电的验电笔电路

28-30　单电源变双电源电路

在实际工作中，用电设备往往为双电源的，并且对称。在手头只有单电源的情况下，按图 28-30 连接即可将单电源变为双对称电源使用。

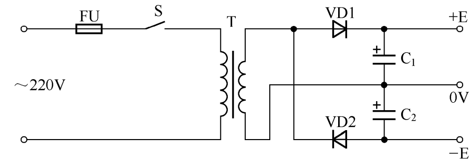


图 28-30　单电源变双电源电路

28-31　限位器接线

车间安装的行车、吊葫芦的起重电动机上，往往需安装保护限位装置，在电动机通电后，避免人为操作失误或接触器粘连造成超上限、超下限工作。因此，限位器在工厂企业应用极为广泛。这里介绍一种常用限位器接线方法，这种限位器主要用于行车的上下电动机限位。当吊钩高于限制位置时，它会使电动机自动断开电源。

这种方法一般是断开主电动机电源线，而不是用控制线控制接触器通断电动机停止架限位。其优点是万一接触器主触点熔在一起不能断开，限位器同样能起到保护限位的作用，其接线方法如图 28-31 所示。

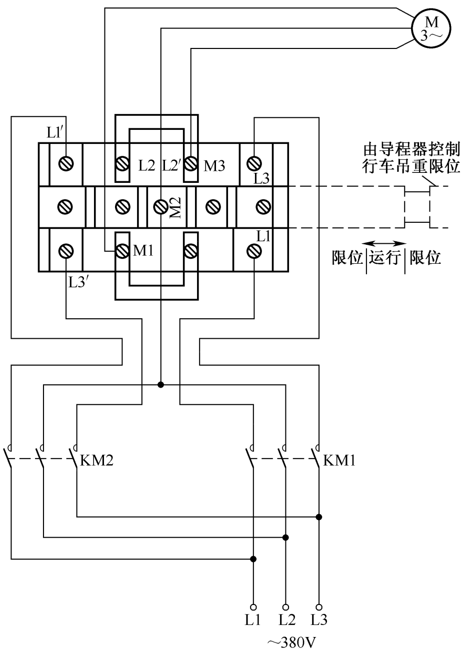


图 28-31　限位器接线

28-32　交流电焊机一般接法

交流电焊机一般接法如图 28-32 所示。当合上刀开关 QS 时，按下按钮 SB1，接触器 KM 得电吸合；松开按钮 SB1 时，KM 自锁触点自锁，电焊机继续得电工作。当按下 SB2 时，电焊机停止工作。

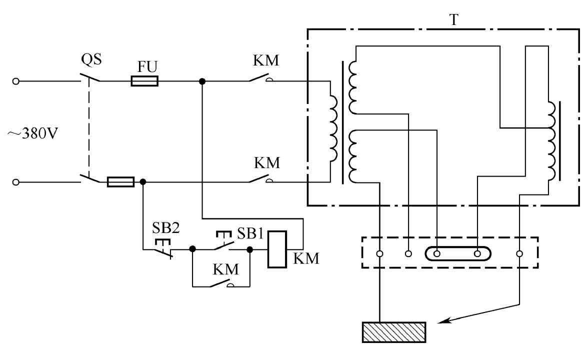


图 28-32　交流电焊机一般接法

28-33　自制交直流两用弧焊机电路

交流弧焊机加上一套硅整流装置就可成为一台交直流两用弧焊机，如图 28-33 所示。

电路中 VD1 ～ VD4 为四个硅整流二极管；R1、C1 ～ R4、C4 分别为硅整流元件的过压保护元件；FR 为过流继电器，保护硅整流元件。当负载电流超过额定值时，电流互感器二次侧电流相应增加，带动热继电器 FR 动作，FR 常闭触点打开，接触器 KM 线圈断电释放，触点打开，切断电焊机电源。硅整流元件用 0.25kW 风扇作风冷设备。C5 为滤波电容，R5 为泄放电阻。

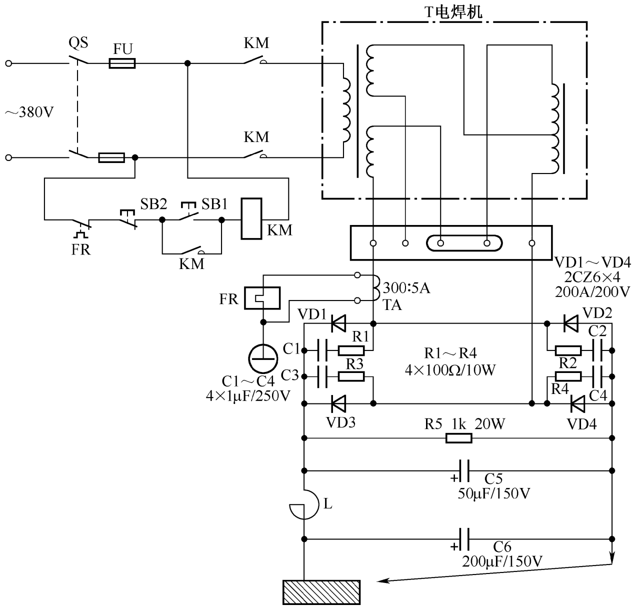


图 28-33　自制交直流两用弧焊机电路

28-34　利用硅整流电镀电器电路

在电镀过程中，常常利用硅整流设备的调压电路进行工作，其工作原理如图 28-34 所示。当需要工作时，按下按钮 SB1，接触器 KM1 线圈通电，主回路中的触点闭合，电路输出直流电压。与此同时，KM2 也得电动作，接通电扇，对硅整流及调压器吹冷风降温。电路中的 KI 为过流继电器。

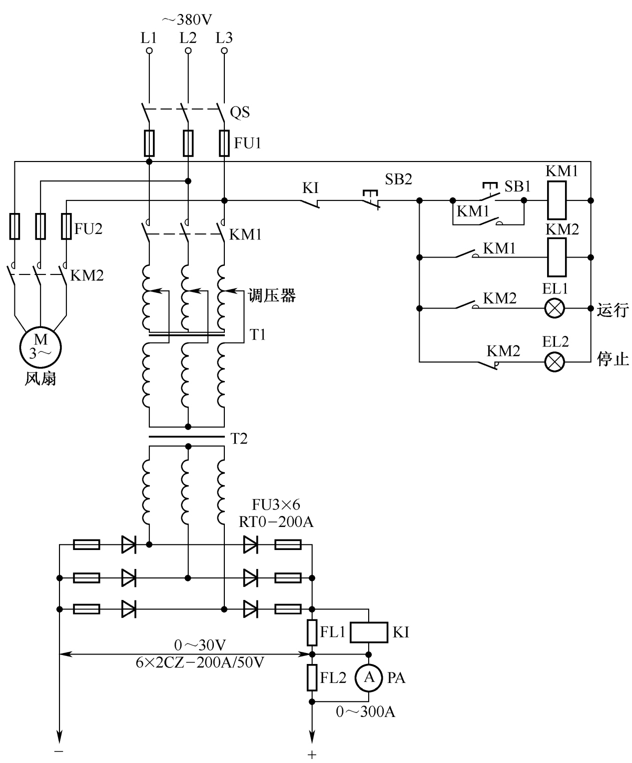


图 28-34　利用硅整流电镀电器电路

28-35　断线测定仪电路

断线测定仪电路如图 28-35 所示。VT1、VT2 构成一个简单的自激多谐振荡器，从输出端输出周期相同的方波信号。VT3、VT4、VT5 组成三级阻容耦合放大器。两个二极管构成倍压整流电路。毫安表构成显示电路。测试环由铜管制成。

图 28-35 中，由输出端输出方波，经被测导线耦合给测试环，利用被测导线与测试环之间的电容量为信号耦合给 C1，输入到三级阻容耦合放大器进行放大，再经倍压整流，由毫安表指示出来。当导线断点经过测试环时，其电容量发生变化，毫安表指示值也随之变化，由此可判定故障点就在此处。

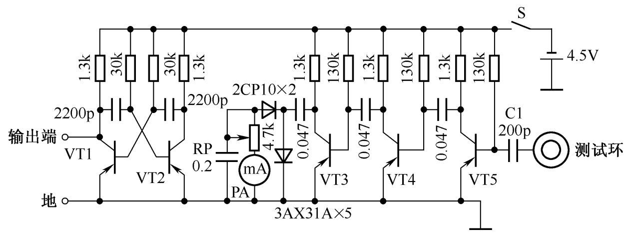


图 28-35　断线测定仪电路

28-36　电瓶铲车电气控制电路

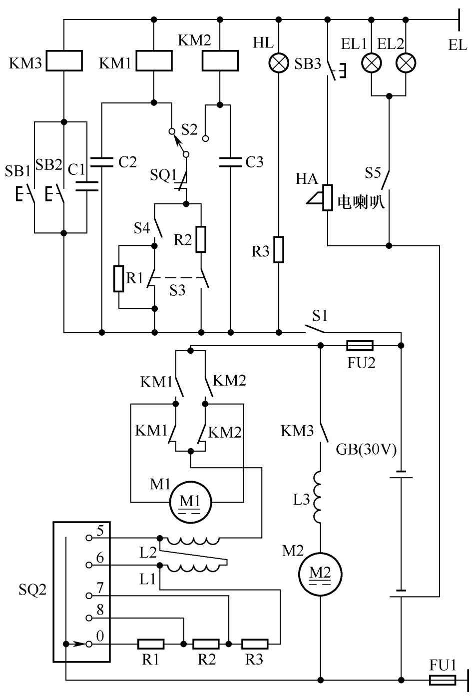


图 28-36　电瓶铲车电气控制电路

电瓶（术语为蓄电池）铲车是商业仓储、车站、码头、工矿仓储最常用的一种搬运设备。

图 28-36 所示为一吨电瓶铲车电气控制电路。国家标准（GB）规定采用蓄电池串联组成的 30V 直流电源，电动机 M1 为行驶电动机，是双速串励电动机。通过一套齿轮传动机构，驱动铲车前进或后退行驶。电动机 M2 也是串励电动机，用于拖动高压油泵，将高压油液输送到液压系统，以操纵货叉的升降。

S1 为电锁开关，S2 为方向开关，SQ1 为脚踏开关，SQ2 为速度控制器踏板。

铲车启动和调速时将电锁开关 S1 闭合，此时电源指示灯 HL 亮，表示电源已接入电路，做好供电准备。

将方向开关 S2 的手柄扳到需要的方向，即铲车前进或后退的位置。松开驻车制动（手刹）手柄，并松开制动（刹车）踏板，使脚踏开关 SQ1 复位而闭合。然后轻踏速度控制器 SQ2 的踏板，使动触点与静触点“0”接触，使控制开关 S3 闭合。

28-37　用变色发光二极管做电动机运行、停止、过载指示电路

一只发光二极管能发出三种颜色的光，常用的三色发光二极管有 2EF312、2EF302、2EF322 等产品。如果巧妙设计可应用在电动机控制电路中作为电动机运行、停止、过载指示，如图 28-37 所示。

合上主回路断路器 QF1，控制回路断路器 QF2，变色发光二极管发出红色光，说明电源正常且电动机处于停止运转状态。

启动运行：按下启动按钮 SB2，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作，同时 KM 辅助常闭触点断开，切断红色发光二极管回路电源，使停止兼作电源

指示的红色发光二极管不发光，KM 辅助常开触点闭合，接通绿色发光二极管回路电源，变色发光二极管内部绿色发光二极管工作，发出绿色光，说明此时电动机已启动运行。

停止：按下停止按钮 SB1，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运行。同时，KM 辅助常开触点断开，切断了变色发光二极管内部的绿色发光二极管回路电源，绿色发光二极管不发光，KM 辅助常闭触点闭合，接通了变色发光二极管内部的红色发光二极管回路电源，变色发光二极管内部的红色发光二极管工作发出红色光，说明此时电动机已停止运行。

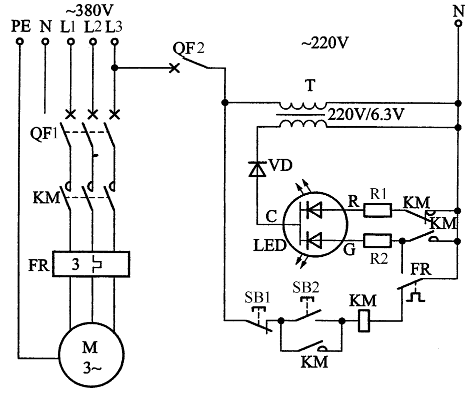


图 28-37　用变色发光二极管做电动机运行、停止、过载指示电路

过载：当电动机出现过载时，由于热继电器的 FR 控制常闭触点断开，使交流接触器 KM 线圈断电释放，其所有触点恢复原始状态，那么 KM 串联在红色发光二极管回路中的辅助常闭触点闭合，红色发光二极管点亮，再加上过载热继电器 FR 控制常开触点闭合，接通了绿色发光二极管回路电源。这样，变色发光二极管内的两只红、绿管同时发光，则变为橙色光，当变色发光二极管发出橙色光时，说明电动机已过载了。

28-38　电动机接线盒内的接线方法

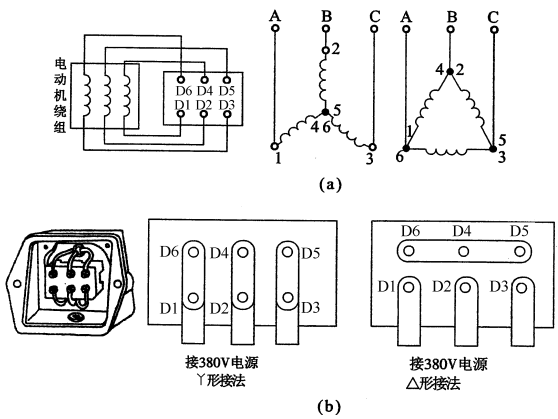


图 28-38　接线方法

对于 J、JO 系列的老产品，在其电动机铭牌上常常标有“220V/380V、△、Y”字样，是表示电源电压如果为 220V 三相交流电时，定子绕组为△形接法，电源若为 380V 时，定子绕组为Y形接法，请读者认真区分，不要搞错。

下面介绍的电动机接线方法是指△形电动机需要改为Y形接法运转时的连接。

一般电动机每相绕组都有两个引出线头：一头叫作首端，另一头叫作末端。第一相绕组的首端用 D1 表示，末端用 D4 表示；第二相绕组的首端和末端分别用 D2 和 D5 表示；第三相绕组的首端和末端分别用 D3 和 D6 表示。这六个引出线头引入接线盒的接线柱上，接线方法如图 28-38 所示。

28-39　Y 系列电动机接线方法

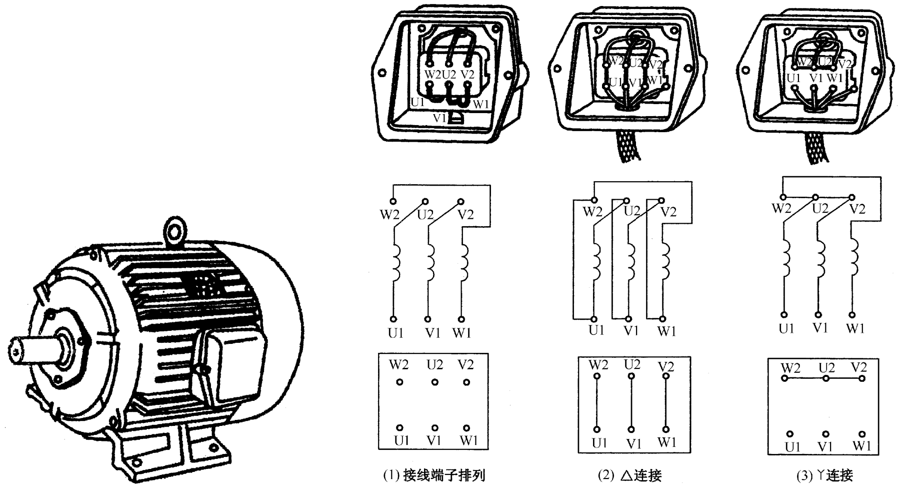
Y 系列电动机应用很广泛，其外形如图 28-39（a）所示。

电动机接线盒内的接线方式有△连接（三角形连接）和Y连接（星形连接）两种方式。当铭牌上标有 220/380V、△/Y字样时，表示电源电压为 220V 三相交流电时定子绕组为△形接法，接入电源电压为 380V 时定子绕组应接成Y形。接线方式不允许任意更改。目前 Y 系列电动机 3kW 及以下的为Y形接法，4kW 以上的均为△形接法，电动机的额定线电压为 380V。

电动机接线盒内有上下两排 6 个接线头，规定上下排 3 个接线端子自左至右编号为 W2、U2、V2，下排 3 个接线端子自左至右的编号为 U1、V1、W1，如图 28-39（b）（1）所示。

当采用△形连接时，按图 28-39（b）（2）所示方法连接，将电动机接线盒内的接线端子上、下两两竖直用短接铜片连接，再分别把三相电源接到 U1、V1、W1 上。也就是将三相定子绕组的第一相的尾端 U2 接到第二相的首端 V1，第二相的尾端 V1 接到第三相的首端 W2，第三相的尾端 W2 接到第一相的首端 U1，然后把来自开关的 3 根导线的线头分别与 U1、V1、W1 连接。如果出现电动机反转，可把任意两相线头对换接线端子位置，即会顺转。

当采用Y形连接时，按图 28-39（b）（3）所示方式连接，将三相绕组的尾端 W2、U2、V2 用短接铜片连在一起，首端 U1、V1、W1 分别接三相电源。

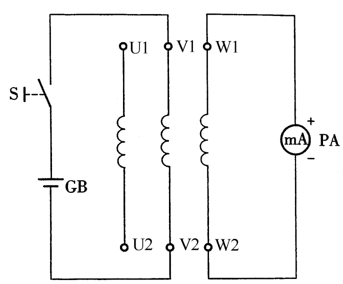


（a）Y系列电动机外形　　（b）电动机的接线

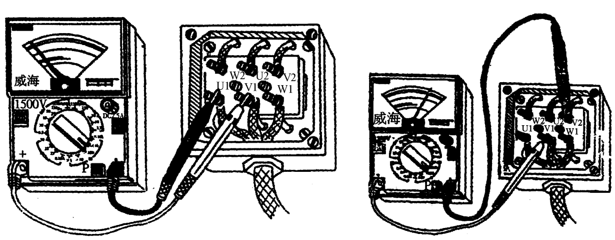
图 28-39　Y 系列电动机外形及接线

28-40　用万用表测定电动机三相绕组头尾的接线方法

确定电动机三组绕组头、尾也可采用万用表来确定。首先用万用表测量出电动机六个接线端哪两个出线端为同一相，然后将万用表的直流毫安挡拨到最小一挡，并将表笔接到三相线圈的某一组两端，而电池正负极接到另一相的两个线端上，如图 28-40（a）所示。当开关 S 闭合瞬间，如果表针摆向大于零，则说明电池负极所接的线端与万用表正极笔所接线端是同极性的（均可认为是头），如图 28-40（b）所示。依此类推，便可测出另外两相的头和尾。



（a）用万用表测定电动机三相绕组头尾的接线方法



（b）　　（c）

图 28-40　接线方法

28-41　利用交流电源和灯泡检查电动机三相绕组的头尾

在电动机六根引出线标记无法确认时，如图 28-41 所示，可利用交流电源和灯泡检查电动机三相绕组的头、尾端，以免将绕组接错。

用交流电源和灯泡确定电动机三相绕组的方法是：首先用 36V 低压灯作试灯，分出电动机每一相线圈的两

个线端，然后将两相线圈串联后通入 220V 电源，剩下的一相线圈两端接一只 36V 的灯泡，线路通入电源后，若灯泡发亮，说明所串联的两相是头尾相接，若灯泡不亮，则说明是头头相接，如图 28-41 所示。然后将测出的两相线圈头、尾做一标记，再按此方法将其中的一相与原来接灯泡的一相线圈串联，另一相连接灯泡，再按同样的道理判断，电动机三相绕组的头、尾就很容易区分出来了。

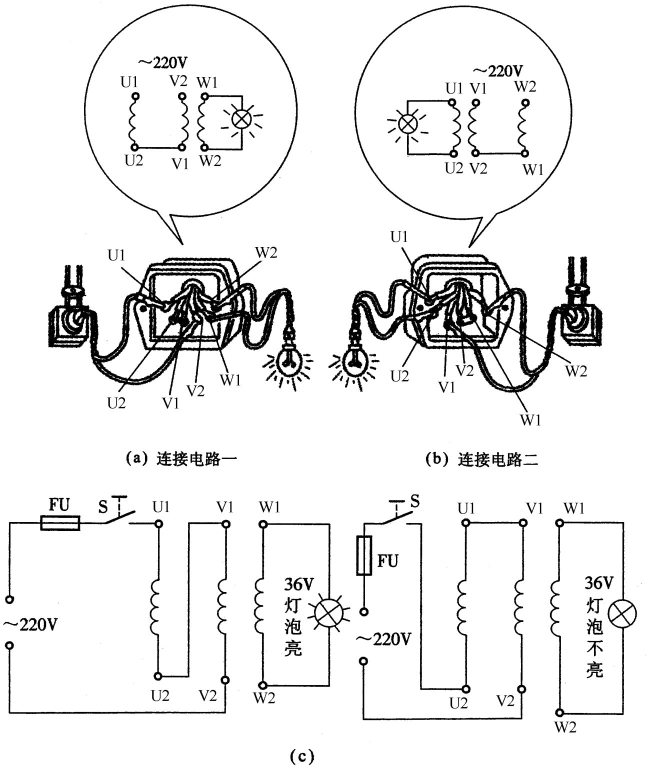


图 28-41　利用交流电源和灯泡检查电动机三相绕组的头尾的接线

先假定上述的编号是正确的，把“U2”、“V1”连接起来，“U1”、“V2”跨接 220V 电源，“W1”、“W2”接白炽灯泡。接通电源后，如果电灯灯丝发红闪亮，说明“V1”、“V2”的编号正确；如果电灯灯丝不发红闪亮，只要把“V1”、“V2”编号对换即可。

把“V2”“W1”连接起来，“V1”、“W2”跨接 220V 电源，“U1”、“U2”接灯泡。接通电源后，如果电灯灯丝发红闪亮，说明“W1、“W2”编号正确；如果灯丝不发红闪亮，只要把“W1”“W2”编号对换即可。

此法不适于辨别大、中型电动机定子绕组的首尾。若用此法判别大、中型电动机线头，220V 电源熔断器的熔丝立即熔断。另外，在判别电动机线头时，先用鳄鱼夹夹住电动机线头，后接通电源，以免触电。

28-42　单相电容电动机的接线方法

单相电容电动机启动转矩大、启动电流小、功率因数高，广泛应用于家用电器中，如电风扇、洗衣机。为了便于维修安装，现介绍这种电动机常用的接线方法。

图 28-42（a）为可逆控制线路，操纵开关 S2 可改变电动机的转向，这种线路一般应用于家用洗衣机上。

图 28-42（b）为带辅助绕组的接线线路，拨动开关 S，可改变辅助绕组的抽头，即改变主绕组的实际承受电压，从而改变电动机的转速，此接线方法常用于电风扇上。

图 28-42（c）为带电抗器调速的电容电动机接线电路，由于电抗器绕组的串入，使其在线路中起到降压作用，调节电抗器绕组的串入量即可改变转速。这种方法目前广泛应用在家用电风扇线路中，在启动电动机时，一般先拨到“1”挡上，即为高挡，这时电抗器不接入线路，使电动机在全压下启动，然后再拨 2 挡或任何挡来调节电动机的转速。

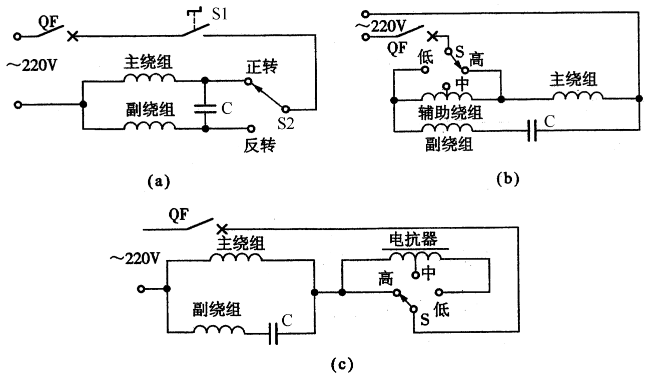


图 28-42　单相电容电动机的接线方法

28-43　改变三相异步电动机旋转方向的方法

由三相异步电动机的工作原理可知，电动机的转动方向是由转子的电磁转矩方向决定的，即电动机的转动方向是与电磁转矩方向一致的。而电磁转矩的方向又取决于定子旋转磁场的方向，即与旋转磁场的旋转方向一致。也就是说，电动机的转动方向是由定子旋转磁场的方向所决定的，两者的旋转方向相同。而旋转磁场的方向取决于通入定子三相绕组中的三相电源的相序。相序改变了，旋转方向也随之改变。若想改变三相交流电动机的旋转方向，只要把三相电源线的任何两相调换一下即可，如图 28-43 所示。

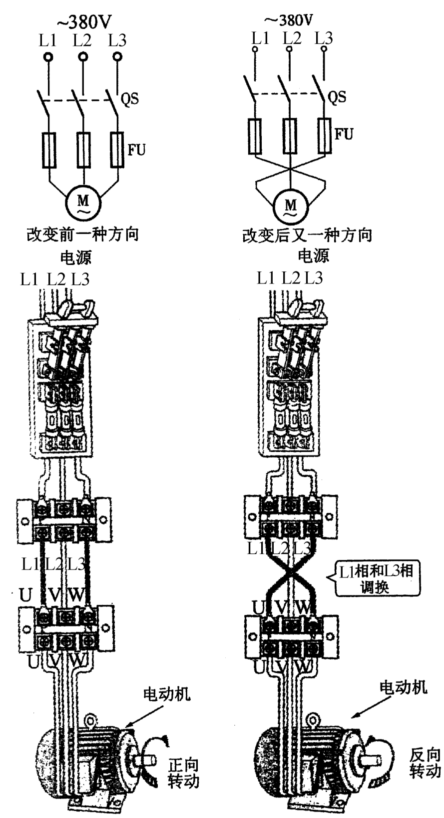


图 28-43　改变电动机旋转方向的方法

正转相序为：L1L2L3、L3L1L2、L2L3L1。

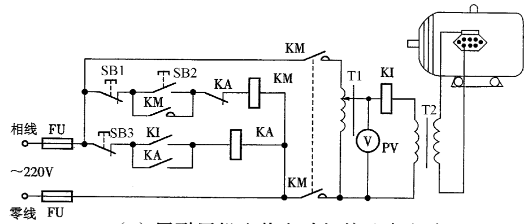
反转相序为：L2L1L3、L3L2L1、L1L3L2。

28-44　用耐压机查找电动机接地点电路

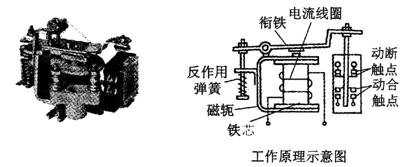
用耐压机查找电动机接地点，可直接观察到接地点的部位，如图 28-44（a）所示。当耐压机电压逐渐升高时，若绕组线圈有接地故障，线圈接地点便会起弧冒烟，只要仔细观察，就可找到接地点的具体位置。

当出现过电流时，中间继电器 KA 线圈吸合且自锁，需解除 KA，则必须按下解除按钮 SB3，方可使 KA 线圈断电释放。

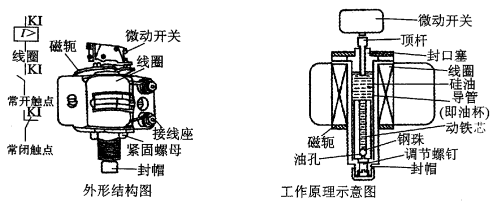
图 28-44（b）中，KI 为过电流继电器，其外形及工作原理图如图 28-44（c）所示，其整定值设定见图 28-44（d）。



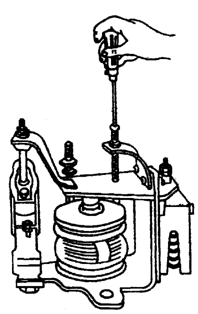
（a）用耐压机查找电动机接地点电路



（b）JT4系列过电流继电器



（c）JL12系列过电流继电器



（d）过电流继电器的整定值设定方法

图 28-44　用耐压机查找电动机接地点

28-45　QZ73 系列综合磁力启动器

QZ73 系列综合磁力启动器（纺织专用产品）可供 12.5kW 以下的 Y 系列、JQ2 系列小型交流异步电动机完成启动、运行和停止动作，并可起到短路保护、过载保护作用。其接线方法如图 28-45（a）所示。

在应用 QZ73 系列综合磁力启动器时要注意以下问题：

① 启动器应垂直安装于直立的平面上，与垂直平面的倾斜度不得超过 5°；

② 安装启动器时，可用 4 个 M6 螺钉并加上垫圈及弹簧垫圈固定在墙面上；

③ 进线孔与电缆钢管之间应以螺母垫圈密封，防止尘埃侵入；

④ 热继电器出厂时均调整为自动复位，若需手动复位，则将热继电器上的自动/手动设置螺钉左旋退出即可；

⑤ 启动器内凡采用瓦形垫圈的接线端子，均可连接 1 根或 2 根导线，不必弯成圆圈形状，接线时不必取下瓦形垫圈；

⑥ 接好线时，应旋紧未接线的接线螺钉，防止脱落；

⑦ 综合磁力启动器的金属外壳应接地，接地螺钉位于防护外壳下端，内外均可接地线；

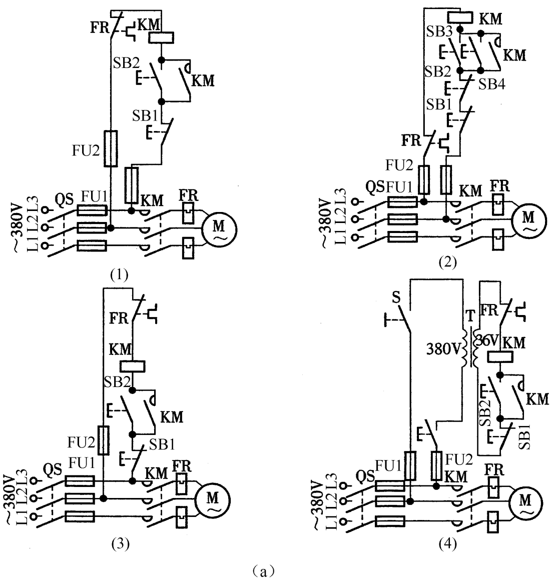
⑧ 综合磁力启动器经长期使用后会发出电磁噪声，可用压缩空气或细砂纸将衔铁极面的铁锈及脏物清除干净；

⑨ 启动器内交流接触器银触点的弹簧压缩超程小于 0.5mm 时，应更换触点。

⑩ 将灭弧罩装在接触器上面时，严禁带负载启动综合磁力启动器开关，以防弧光短路。

⑪ 在装配 RL 系列螺旋式熔断器时，螺纹应对齐旋紧。

图 28-45（b）所示为综合磁力启动器外形。



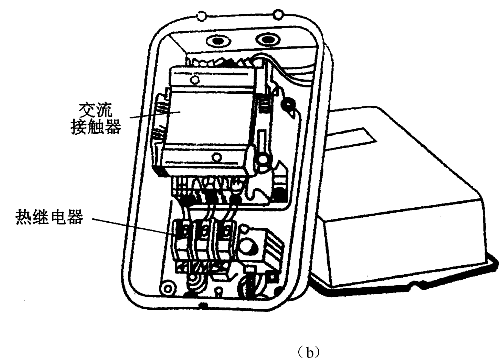


图 28-45　综合磁力启动器

28-46　浪涌保护器（SPD）应用接线

目前，由雷电引起的线路过电压问题实在令人头痛，由此引发的故障、火灾，其经济损失巨大。

为解决上述问题，人们想了很多方法，但最有效的方法是在线路上加装浪涌保护器（其外形见图 28-46（a））。这样，当线路中出现过电压时，浪涌保护器动作，从而起到保护作用。见图 28-46（b）所示。

根据 GB 50057—1994《建筑物防雷设计规范》。

① Ⅰ类（D 级）：作为信息设备保护。

② Ⅱ类（C 级）：作为家用电器、仪器仪表保护。

③ Ⅲ类（B 级）：作为配电盘及分支断路器保护。

④ Ⅳ类（A 级）：作为变压器出口总配电柜保护。

工作原理：在电路未出现过电压时，由于此保护器内部采用非线性电子器件，所以保护器为高阻抗状态，只有在线路遭到雷击或电网电压过高时而出现过电压，该保护器应迅速导通（纳秒级），使线路中浪涌电流通过 PE 线泄放至大地，从而保护了电气设备免受过电压危害。倘若施加在浪涌保护上的过电压消失后，此保护器又恢复到高阻抗状态，可继续作为线路保护，从而使电路正常工作。

通常采用 TH－35mm 导轨安装，装拆更换极为方便。当器件失效时，会及时显示出来，正常时为绿色，失效时为红色，以提醒及时更换。目前生产的浪涌保护器还附有故障遥控报警及声光报警等功能。

系统防雷工程示意图如图 28-46（c）所示。

CDYI 系列浪涌保护器外接线端子图如图 28-46（d）所示。

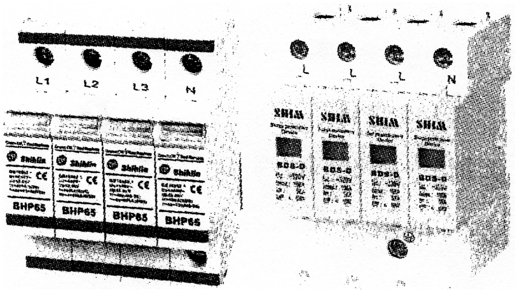
安装 TH－35mm 导轨如图 28-46（e）所示。

浪涌保护器在 TT、TN、IT 系统的应用如图 28-46（f）～图 28-46（l）。

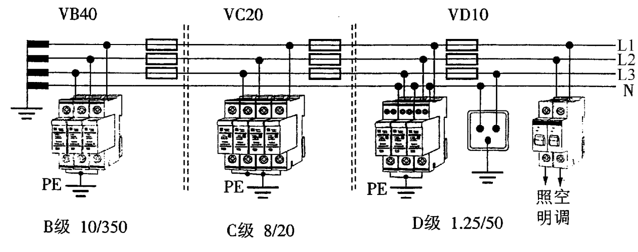
对于 TT 接地系统，采用浪涌保护器加气体放电器。

对于 TN－C、TN－S、TN－C－S 接地系统，采用浪涌保护器。

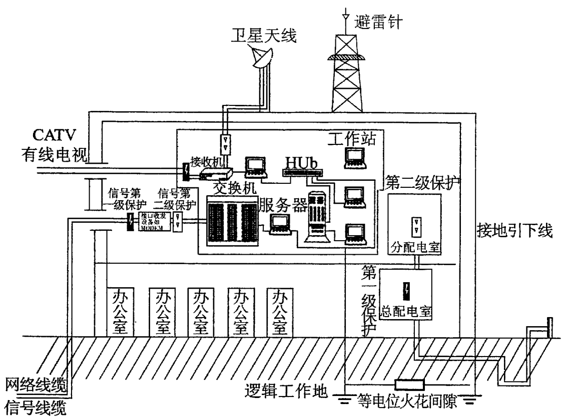
安装时应避免串联接地，如图 28-46（m）所示。



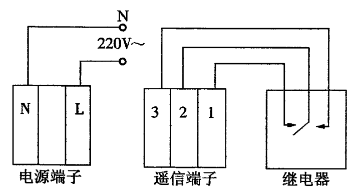
（a）浪涌保护器外形



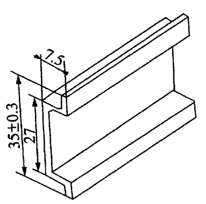
（b）



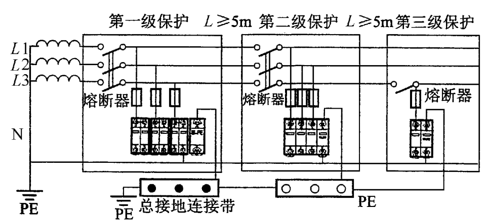
（c）系统防雷工程示意图



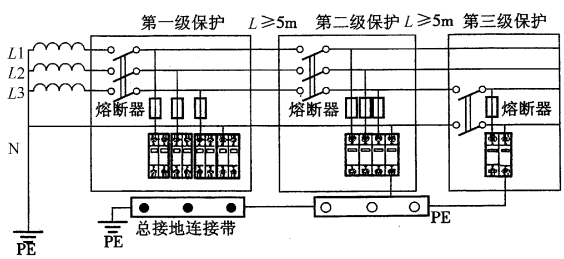
（d）CDY1 型外接线端子图



（e）

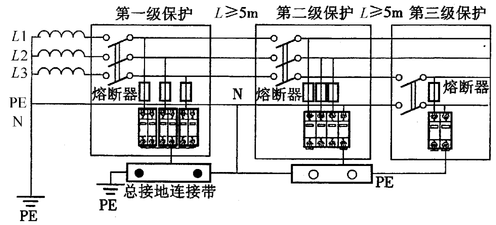


（f）TT 系统浪涌保护器安装示意图



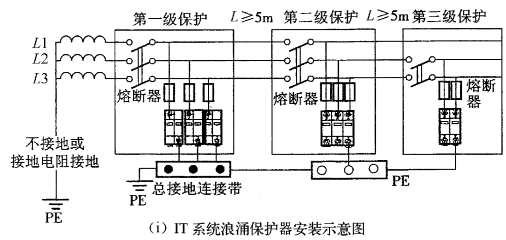
（g）TN-S 系统浪涌保护器安装示意图

图 28-46　浪涌保护器相关电路

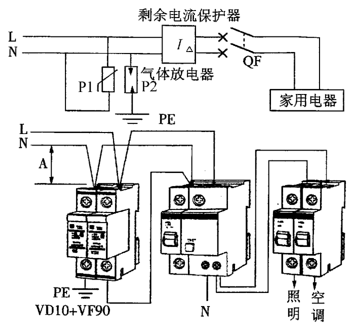


说明：L1、L2、L3—相线；N—中性线；PE—地线

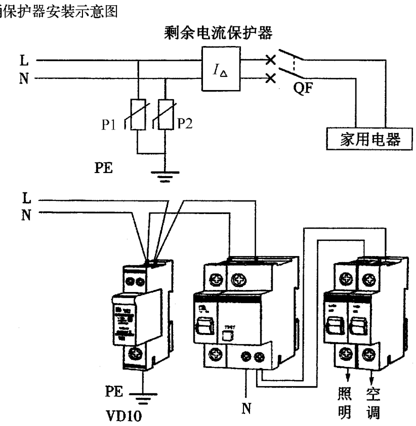
（h）TN-C-S 系统浪涌保护器安装示意图



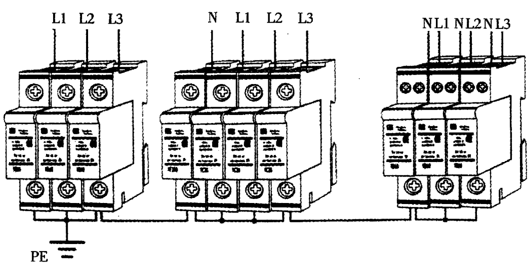
（i）IT 系统浪涌保护器安装示意图



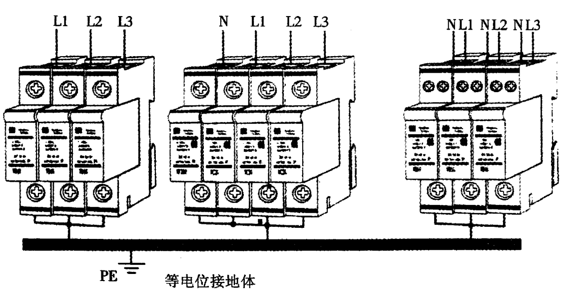
（j）TT 系统接线



（k）TN 系统接线



(1)错误接线



(2)正确接线

（1）

图 28－46　浪涌保护器相关电路（续）

28-47　JS11PDN 型搅拌机控制器应用电路

通常，混凝土搅拌机用控制电路需多只电气元件实现正反转控制，本例采用的 JS11PDN 型数字式时间继电器实际上就是一个成品的搅拌机控制器（见图 28-47）。

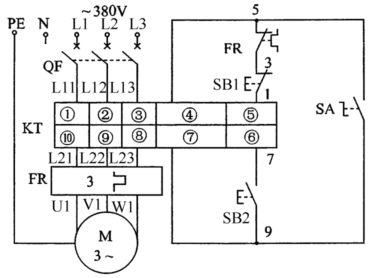


图 28-47　JS11PDN 型搅拌机控制器应用电路

按下启动按钮 SB2，搅拌机控制器 KT 得电工作，按照内置正转→停→反转→停……循环并定时。当运转时间到达设定时间后，KT 自动切断内部控制电路，电动机失电停止运转。若需要中途手动停止，按下停止按钮 SB1 即可。

28-48　插座的实际接线方法

插座的实际接线方法如图 28-48 所示。

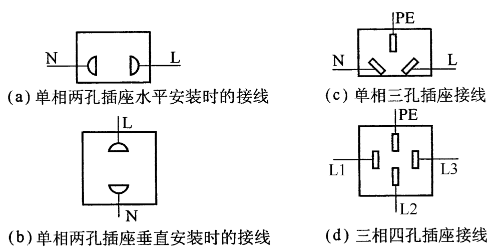


图 28-48　插座的实际接线方法

28-49　多条皮带运输原料控制电路

在大型的建筑工地上，由于原料堆放较远，使用时需要利用皮带传送把原料运到施工现场或送入施工机械中加工，这就需要采用多条皮带联合运送，把原料运到指定位置。

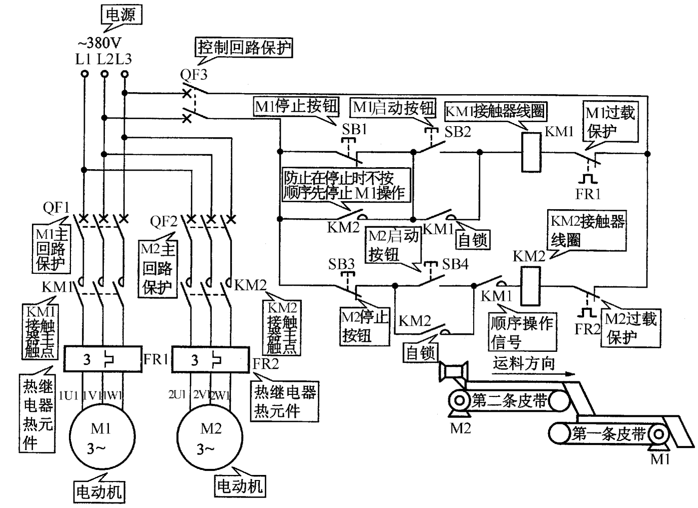
为了防止原料皮带上运送的物料在皮带上堵塞，在运输皮带的机械电气控制上做了必要的程序控制，在启动电动机时，要求先启动第一条皮带的电动机 M1，在电动机运转后才能启动第二条运输皮带电动机 M2，这样可首先把第一条运输皮带上的原料先清理干净并迅速把原料运走，不至于在第一条皮带上造成堵塞。

停止皮带运输时，要先停第二条皮带，再停第一条皮带，这是为了避免在皮带中间造成堵塞现象。

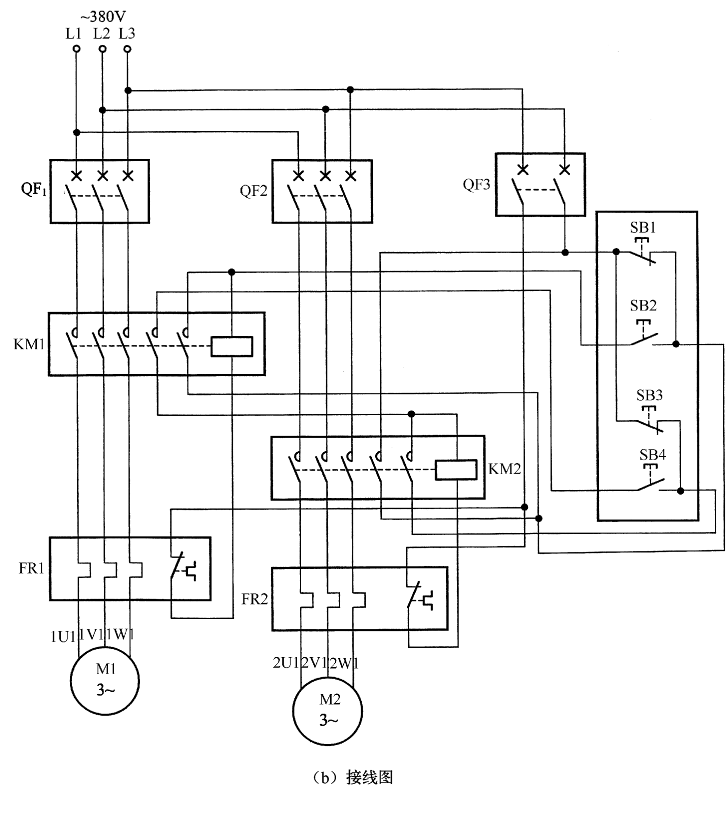
图 28-49（a）是多条皮带运输原料控制电路，接线图如图 28-49（b）所示。按下启动按钮 SB2 后，交流接触器 KM1 线圈得电吸合且 KM1 辅助常开触点闭合自锁，KM1 三相主触点闭合，使电动机 M1 得电运转，第一条皮带首先开始工作。由于 KM1 线圈的吸合，KM1 自锁辅助常开触点闭合，维持 KM1 线圈的继续吸合，另一组 KM1 的辅助常开触点也闭合，为 KM2 的线圈电源回路的接通做好了准备，这时只要操作人员按下 SB4，第二条皮带便可投入运行。此时按下启动按钮 SB4 后，交流接触器 KM2 线圈得电吸合且 KM2 辅助常开触点闭合自锁，KM2 三相主触点闭合，使电动机 M2 得电运转，第二条皮带也开始工作。

与此同时，为了操作程序上的需要，KM2 辅助常开触点闭合并短路了 SB1 停止按钮，从而为先停止电动机 M2 再停止电动机 M1 控制回路做了必要的联锁限制。

因此在停止运输皮带时，只要先按下 SB3 使交流接触器 KM2 线圈断电释放，即可解除停止按钮的短接线路。当 M2 停止运转后，操作 SB1，才可使 M1 停止运转，从而实现按预定的程序控制电动机的启停，做到正常，有序地工作。



（a）多条皮带运输原料控制电路



（b）接线图

图 28-49　多条皮带运输控制电路及接线图

28-50　电动机接线盒内的接线方法

对于 J、JO 系列的老产品，在其电动机铭牌上常常标有“220V/380V、△、Y”的字样，表示电源电压如果为 220V 三相交流电时定子绕组为△形接法；电源若为 380V，定子绕组为Y形接法，请读者认真区分，不要弄错。

下面介绍的电动机接线方法是指△形电动机在需要改为 Y 形接法运转时的连接。

一般电动机每相绕组都有两个引出线头：一头叫作首端，另一头叫作末端。第一相绕组的端用 D1 表示，末端用 D4 表示；第二相绕组的首端和末端分别用 D2 和 D5 表示；第三相绕组的首端和末端分别用 D3 和 D6 表示。这六个引出线头引入接线盒的接线柱上，接线方法如图 28-50 所示。

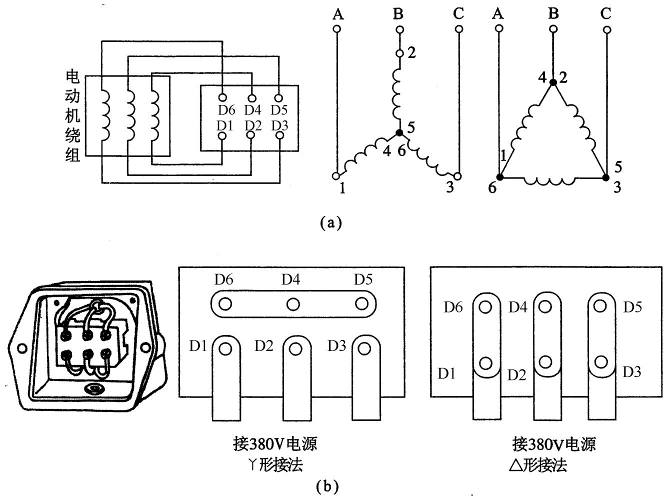


图 28-50　接线方法

28-51　Y 系列电动机接线方法

Y 系列电动机应用很广泛。

电动机接线盒内的接线方式有△连接（三角形连接）和Y连接（星形连接）两种方式。当铭牌上标有 220/380V、△/Y字样时，表示电源电压为 220V 三相交流电时定子绕组为△形接法，如果接入电源电压为 380V，定子绕组应接成Y形。接线方式不允许任意更改。目前，Y 系列电动机 3kW 及以下为Y形接法，4kW 以上均为△形接法，电动机的额定线电压为 380V。

电动机接线盒内有上下两排 6 个接线头，规定上排 3 个接线端子自左至右编号为 W2、U2、V2，下排 3 个接线端子自左至右的编号为 U1、V1、W1，如图 28-51（a）所示。

当采用△形连接时，按图 28-51（b）所示方法连接，将电动机接线盒内的接线端子上下两两竖直用短接铜片连接，再分别把三相电源接到 U1、V1、W1 上。也就是将三相定子绕组的第一相的尾端 U2 接到第二相的首端 V1、第二相的尾端 V1 接到第三相的首端 W2、第三相的尾端 W2 接到第一相的首端 U1，然后把来自开关的 3 根导线的线头分别与 U1、V1、W1 连接。如果出现电动机反转，可把任意两相线头对换接线端子位置，即会顺转。

当采用Y形连接时，按图 28-51（c）所示方式连接，将三相绕组的尾端 W2、U2、V2 用短接铜片连在一起，首端 U1、V1、W1 分别接三相电源。

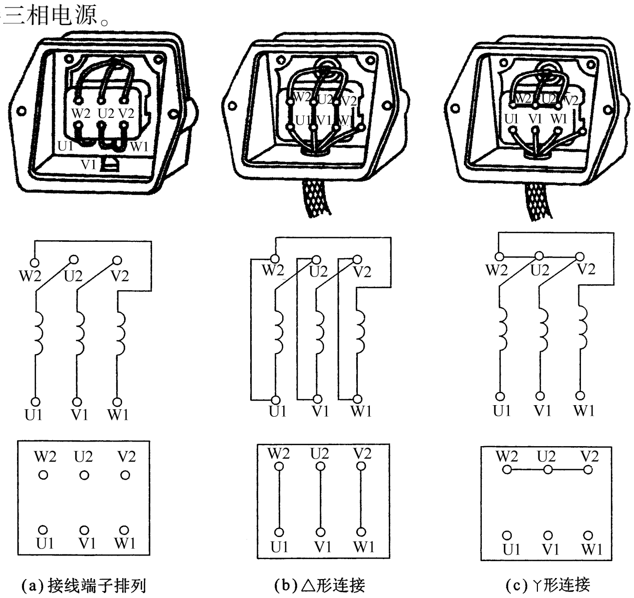


图 28-51　Y 系列电动机接线方法

28-52　脚踏开关应用接线

脚踏开关（其外形见图 28-52（a））应用很广泛，特别是在医疗卫生、机械加工、塑料制品等行业更为突出，只要工作人员踏上开关 S，交流接触器 KM 线圈就会立即得电吸合，其三相主触点闭合，电动机得电运转。工作完毕后，工作人员只要离开工作台，脚踏开关 S 就会自动断开，交流接触器 KM 线圈就会断电释放，其三相主触点断开，切断了电动机电源，电动机失电停止运转。采用上述方法，既简单又方便实用。图 28-52（b）是砂轮机脚踏开关应用电路示例。

图 28-52（b）中脚踏开关可选用 TFS201 型，其外引线如图 28-52（c）所示，电路接线如图 28-52（d）所示。

为了保证工作人员的安全，最好采用加装控制变压器的方法，这样可将电压降低至 36V 以下，是很安全的，也是很有必要的。

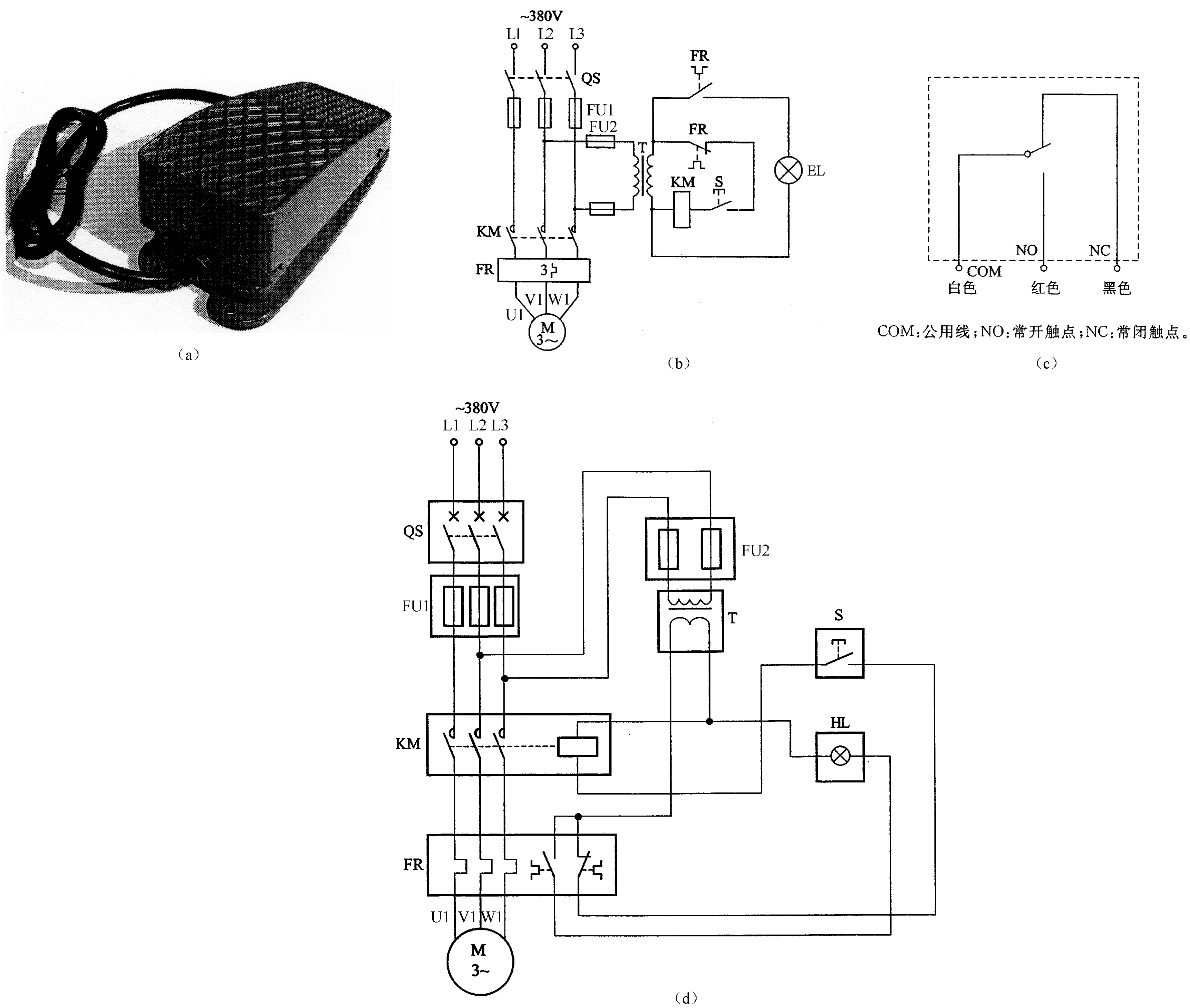


图 28-52　脚踏开关实物及接线图

28-53　GYD 系列空压机气压自动开关接线

1. 工作原理

当空压机工作时，压缩空气从储气罐进入气压自动开关。气压自动开关的闭合与断开是按预先调整好的压力动作的。在空压机正常运转时，开关是闭合的；当存气筒压力达到预定压力时，由压缩空气顶动橡皮，通过跳桥使弹簧跳动，带动跳板，从而使胶木座内动触点与静触点脱开，切断电路，使电动机停转。反之，当储气罐气压降至一定压力时，又重新起跳，使电路接通，电动机继续运转。开关上设有放气阀，当跳板跳动时，压

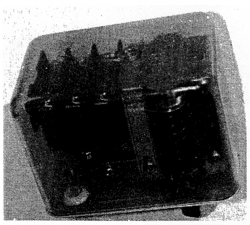
下顶杆，打开放气阀，达到排气之目的，在第二次跳动时减轻电动机负荷。

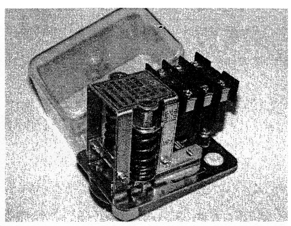
2. 适用范围及特点

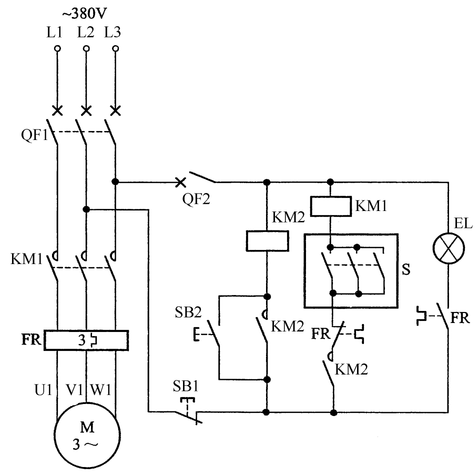
GYD 系列气压自动开关（其外形见图 28-53（a））适用于装载电动机功率为 5.5kW 及以下的微型空气压缩机，作控制电动机的启动、运转和停止之用。该开关与磁力启动器或其他合适的继电器连接后，也适用于排气量为 $1m^3/min$ 及以下的微型空气压缩机。

气压自动开关装上空压机配套使用后，可以节省人力、节约电能、延长空压机及电动机的寿命。

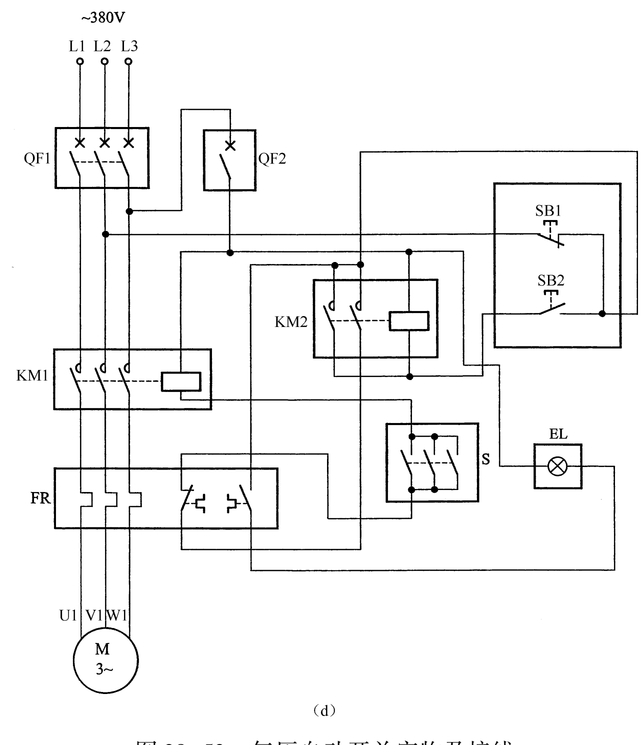
GYD20-161C 型气压开关应用非常普遍，也非常方便实用，图 28-53（b）所示的电路为最简单、最基本的控制电路。合上断路器 QF1、QF2，按下启动按钮 SB2，交流接触器 KM2 线圈得电吸合且自锁，KM2 串联在交流接触器 KM1 线圈回路中的常开触点 KM2 闭合，为 KM1 线圈工作提供电源准备。当气压开关 S 合上时，通过 S 的通断动作直接控制交流接触器 KM1 线圈的吸合与断开，从而使电动机 M 完成启动或停止。若所控电动机功率较小，可去掉所有控制装置，将气压开关 S 直接与电动机绕组串联，但没有过载保护装置，请使用者选用时参考。为保证安全，最好采用保护装置。图 28-53（b）中，EL 为电动机过载指示灯，接线如图 28-53（c）所示。


(a) GYD气压自动开关


(b) GYD气压自动开关外形



(c)



(d)

图 28-53　气压自动开关实物及接线

28-54　三相异步电动机改为单相运转接线

三相异步电动机改为单向运转接线图如图 28-54 所示。

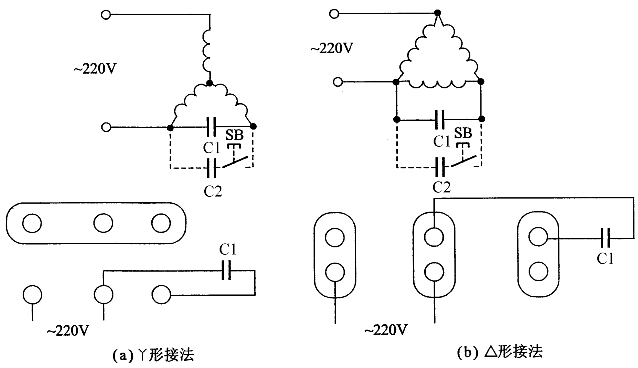


图 28-54　接线图

28-55　用交流接触器的主触点兼作自锁辅助触点的应用电路

用交流接触器的主触点兼作自锁辅助触点的应用电路如图 28-55 所示。图 28-55（a）、图 28-55（b）所示电路的接线方法分别如图 28-55（c）和图 28-55（d）所示。

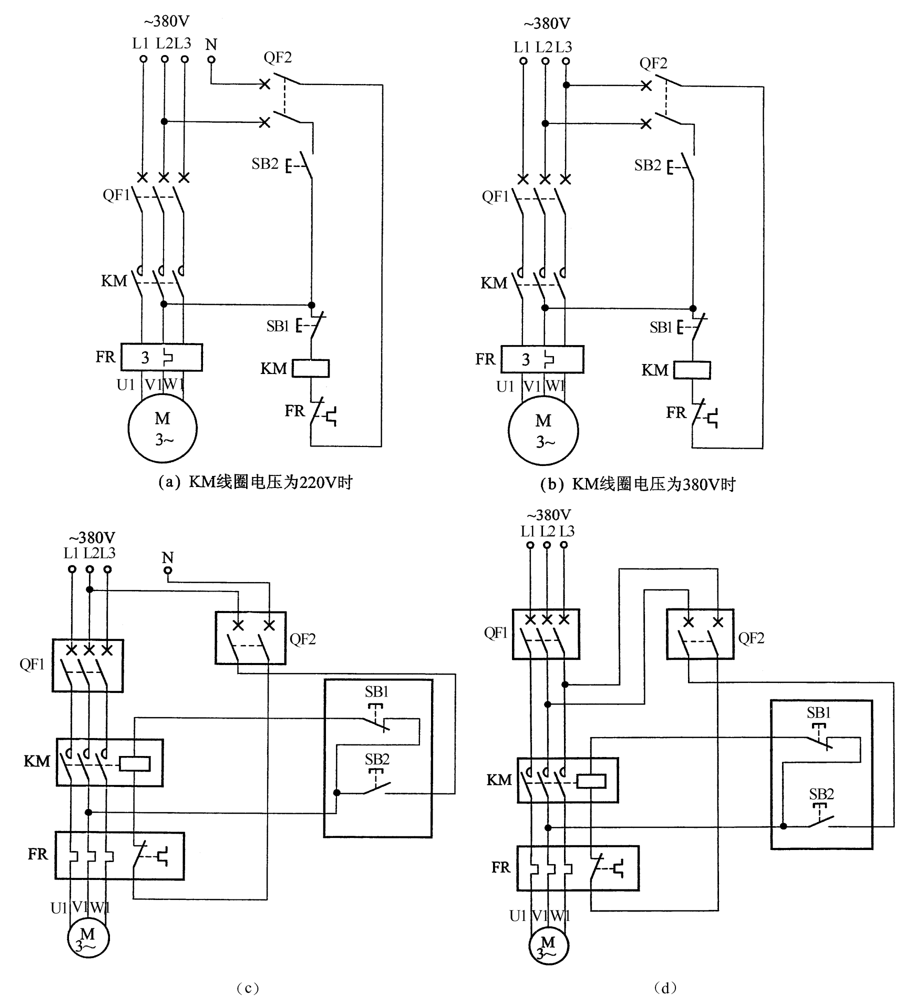


图 28-55　用交流接触器的主触点兼作自锁辅助触点的应用电路

28-56　BXI 系列弧焊变压器电气线路

图 28-56 所示即为 BX1 系列弧焊变压器电气线路。该变压器电流调节的方式有两种，大范围的调节可通过更换接线板上的连接片进行，细调则须转动弧焊机中部的手柄，通过调整动铁芯的位置来进行。

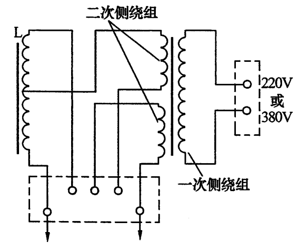


图 28-56　BX1 系列弧焊变压器电气线路

28-57　BX2 系列弧焊机结构示意图

图 28-57 所示即为 BX2 系列弧焊机结构示意图。该系列弧焊机为同体组合电抗式结构。它的铁芯有上、下两个窗口，上窗口为电抗器铁芯，下窗口为变压器铁芯。电抗器的下磁轭与变压器的上磁轭是公用的磁路部分。电流的调节靠移动电抗铁芯上磁轭的可动铁芯来改变气隙距离，从而改变变压器漏抗的大小，进而改变电流的大小。

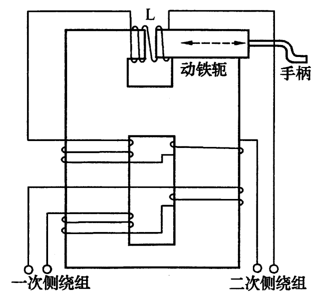


图 28-57　BX2 系列弧焊机结构示意图

28-58　BX2 系列弧焊机电气线路

图 28-58 所示即为 BX2 系列弧焊机电气线路。该弧焊机的一次侧绕组分成两部分，分别绕于铁芯下窗口的两个铁芯柱上，另一半则固定在上窗口铁芯动铁轭外。

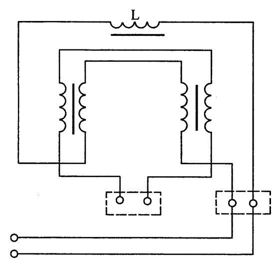


图 28-58　BX2 系列弧焊机电气线路

28-59　BX3 系列弧焊机结构示意图

图 28-59 所示即为 BX3 系列弧焊机结构示意图。该系列动圈式弧焊机的铁芯为口字形的，一次侧绕组分成两部分固定在铁芯的底部，二次侧绕组也分成两部分，安装在铁芯柱上非导磁材料制成的活动架上，可借用手柄转动螺杆，使二次侧绕组沿铁芯柱上下移动而进行调节。

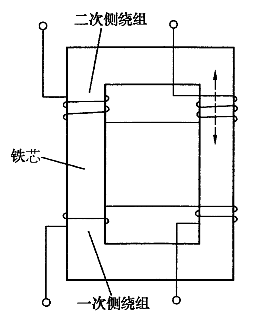


图 28-59　BX3 系列弧焊机结构示意图

28-60　BX3系列弧焊机电气线路

图28-60所示即为BX3系列弧焊机电气电路。该系列为动圈式弧焊机，其焊接电流调节是在大、小两挡中先选定一挡作粗调，再手摇动绕组（调节动、静绕组间距）进行细调。此类弧焊机的粗调分为老式的两步换挡法及新式的一步到位两种方法。

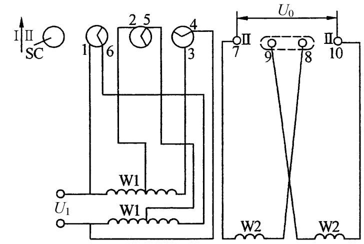


图28-60　BX3系列弧焊机电气线路

28-61　BX3-120型弧焊机电气线路

图28-61所示即为BX3-120型弧焊机电气线路。该系列为动圈式弧焊机，它是利用二次侧绕组沿铁芯柱作上、下移动，以改变一次侧与二次侧两个绕组间漏抗的大小，从而改变焊接电流大小的。若将绕组接成串联或并联接法，还可扩大焊接电流的调节范围。

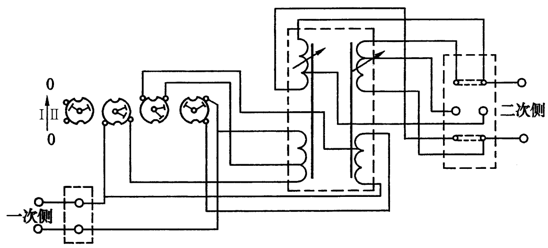


图28-61　BX3-120型弧焊机电气线路

28-62　带KDH开关的BX3弧焊机电气线路

图28-62所示即为带KDH开关的BX3弧焊机电气线路。由于换挡转换开关结构的改进，开关容量增大，使BX3系列弧焊机接线方式也有改进。新型BX3系列弧焊机，其大、小挡的转换是用一个转换开关进行的。新式BX3系列弧焊机均配置KDH转换开关，其电气线路如图28-62所示。

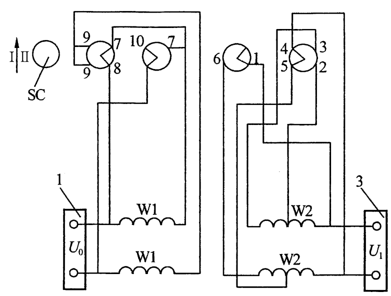


图28-62　带KDH开关的BX3弧焊机电气线路

28-63　BX6-120型弧焊机电气线路

图28-63所示即为BX6-120型弧焊机电气线路。该型弧焊机是一种结构简单、质量轻、便于移动、适于维修工作使用的便携式手提焊机。它的焊接电流调节采用抽头式有级调节。在焊机的一次电路里串联了温度继电器ST，它设置在焊机的绕组处，以作过载保护。

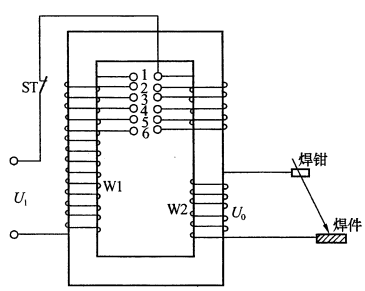


图28-63　BX6-120型弧焊机电气线路

28-64　KXI0-500型弧焊机电气线路

图28-64所示即为KX10-500型弧焊机电气线路。该弧焊机是由焊接变压器T和饱和电抗器L组成的。L串联在T与电弧之间，起着稳定电弧、降低电压、调节电流的作用。饱和电抗器L的左、右两侧的交流绕组

Wf1、Wf2 是对称的，并且连接时要保证 Wf1 和 Wf2 所产生的磁通 ϕ_{f1}、ϕ_{f2}在中间铁芯柱上因方向相反而抵消，这样才不会在直流绕组 WK 中产生高压感应电势。线路中的 VR 为单相整流桥，其两臂均有整流元件，R_K则为可调电阻。

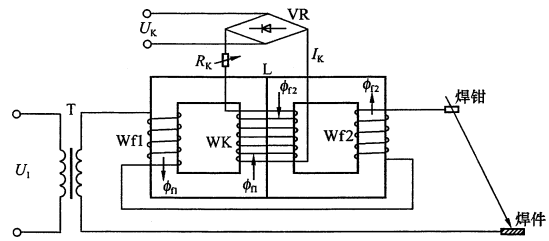


图 28-64　KX10 - 500 型弧焊机电气线路

28-65　BX2 - 500 型交流遥控弧焊机电气线路

图 28-65 所示即为 BX2 - 500 型交流遥控弧焊机电气线路。该线路设置一台电动机调节弧焊机的动铁芯，从而可以远程遥控弧焊机工作。

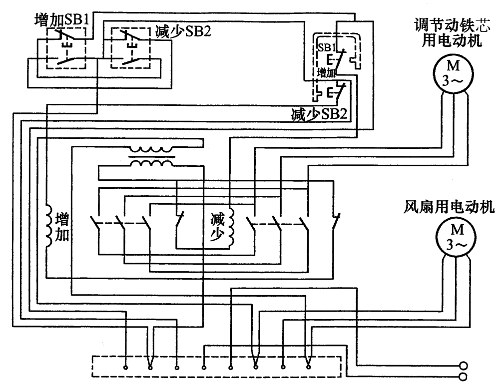


图 28-65　BX2 - 500 型交流遥控弧焊机电气线路

28-66　AX1 - 165 型直流弧焊机电气线路

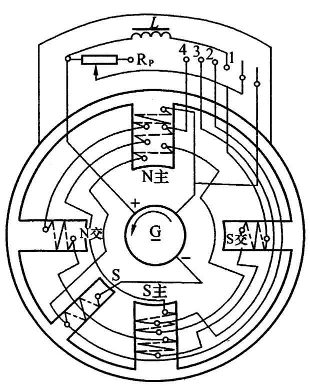


图 28-66　AX1 - 165 型直流弧焊机电气线路

图 28-66 所示即为 AX1 - 165 型直流弧焊机电气线路。该直流弧焊机具有陡峭下降的外特性，当其负载增加（起弧）后，电压即迅速下降，并维持一定的短路电流供焊接使用。弧焊机具有粗、细两种调节，粗调是改变串励绕组匝数，即从接线板上的 1、2、3、4 号位置改变接线；细调则通过变阻器改变弧焊机磁场电流的大小来进行调节。

28-67　AX - 320 型直流三电刷裂极式弧焊机电气线路

图 28-67 所示为 AX - 320 型直流三电刷裂极式弧焊机电气线路。该弧焊机的 4 个磁极不是按南、北极交替分布的，而是将两个 N1、N2 和两个 S1、S2 相邻布置，因此它实质上是一台两极直流弧焊机。

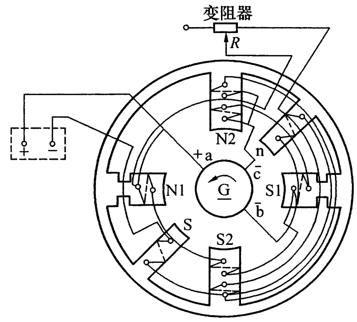


图 28-67　AX－320 型直流三电刷裂极式弧焊机电气线路

28-68　AX1－165 型直流弧焊发电机电气线路

图 28-68 所示即为 AX1－165 型直流弧焊发电机电气线路。该弧焊发电机具有 4 个磁极，亦按相邻两个磁极为同极性分布。即为：N1、N2 和 S1、S2 的极性分布，所以，它实质为一台两极直流发电机。

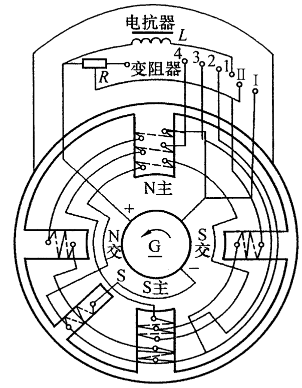


图28-68　AX1－165 型直流弧焊发电机电气线路

28-69　AX1－500 型直流弧焊机电气线路

图 28-69 所示为 AX1－500 型直流弧焊机电气线路。该弧焊机共设置 4 个换向极和 4 个主极，并具有串励和并励两组绕组。其中的并励绕组分布在 4 个主极上，并且接到电刷 a 及辅助电刷 c 上；串励绕组则分布在两个主极上，与电枢绕组（a 刷）串联。弧焊机亦具陡降特性。

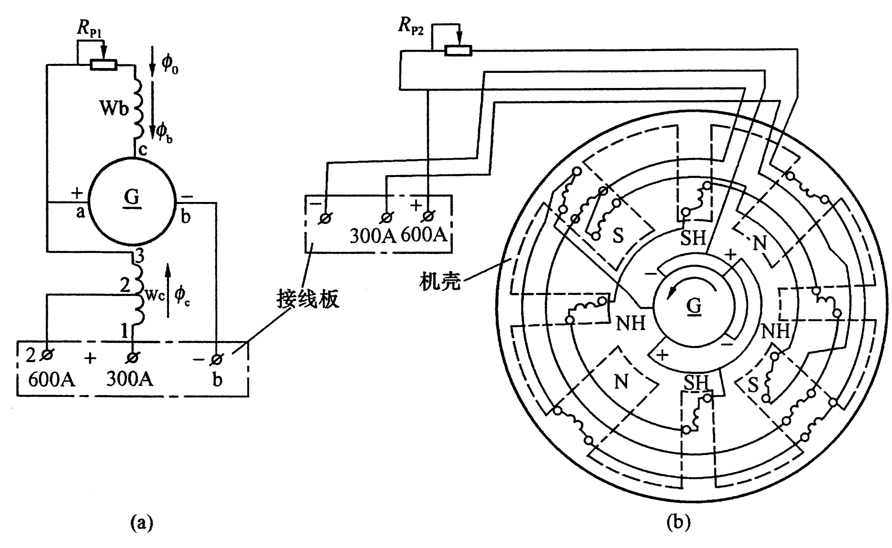


图 28-69　AX1－500 型直流弧焊机电气线路

28-70　AX4－300 型直流弧焊机电气线路

图 28-70 所示为 AX4－300 型直流弧焊机电气线路。从电气接线图及绕组接线图中均可以看出，该弧焊机是一台他励串联换向极去磁式直流发电机，弧焊机的空载电压是由他励磁场所提供的，并保持其持续励磁。

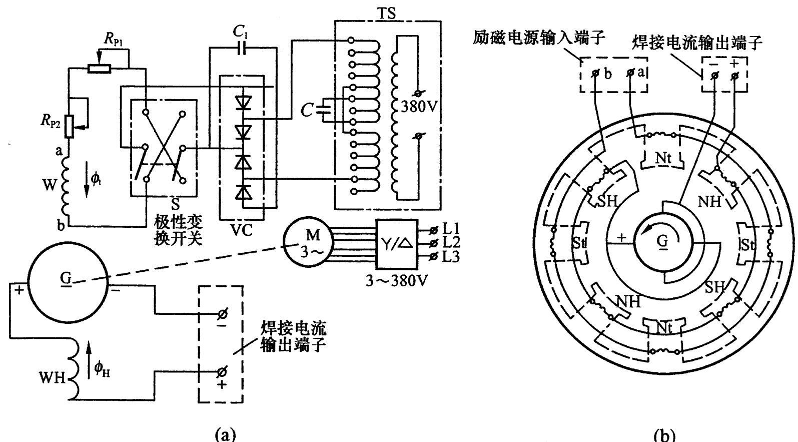


图 28-70　AX4－300 型直流弧焊机电气线路

28-71　AX－320 型直流弧焊机电气线路

图 28-71 所示即为 AX－320 型直流弧焊机电气线路。该弧焊机的 4 个主磁极不是按 N、S、N、S 极性交替分布的，而是以两个北极 N1、N2 和两个南极 S1、S2 相邻地分布着，因此，它实质上是一台三电刷的两极直流焊接发电机。

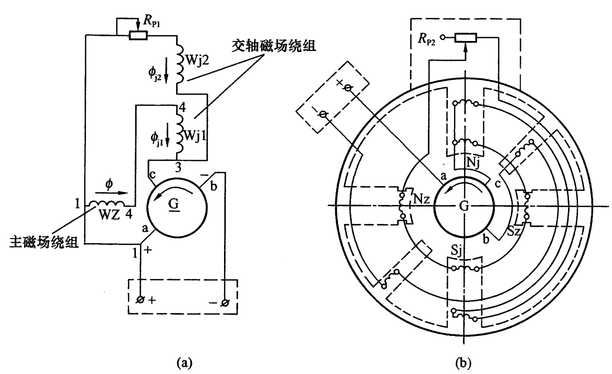


图 28-71　AX－320 型直流弧焊机电气线路

28-72　能区别瞬时故障的报警器电路

在生产过程中，常常会遇到参数短时间内越限的情况，虽然事后能很快恢复正常，但可能预示着更大的潜在危害。所以需要一种能区别瞬时故障的报警装置，以便可靠地监视生产情况，以发现问题并及时采取措施，排除潜伏的故障点。

图 28－72 所示电路的工作原理是：当某一监测参数越限时，其相应的继电器得电吸合（图中为 X1），其常开触点闭合，KA1 吸合，KA1 触点闭合，HL 报警信号灯发亮。同时，KA1 另一组常开触点也闭合，电笛 HA 发声报警。当按下按钮 SB1 后，如果是瞬时故障，便可解除电笛和灯光报警，否则电笛解除报警，但灯光继续指示故障存在。

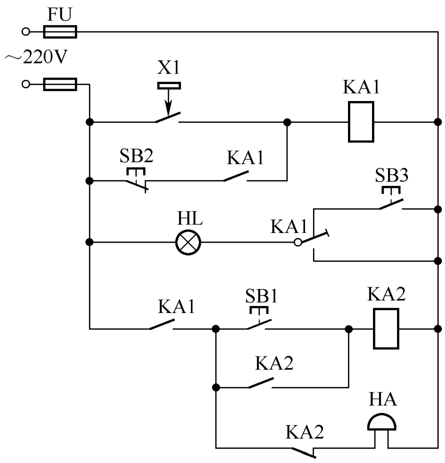


图28-72 能区别瞬时故障的报警器电路

28-73 两参数输入有触点信号报警器电路

下面介绍一种生产上常用的两参数可同时输入的有触点报警器，电路如图28-73所示，X1在测试信号点正常时触点常开，X2在测试另一信号点正常时触点常闭。

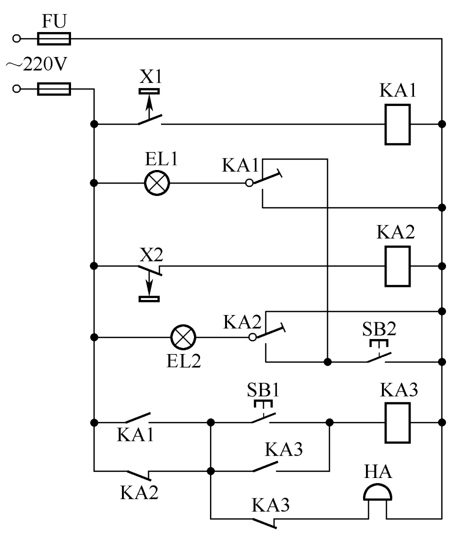


图28-73 两参数输入有触点信号报警器电路

当X1所监测的参数越限时，X1常开触点闭合，KA1便动作，KA1接通EL1信号报警灯电源，EL1信号灯亮。同时使KA1一组触点闭合，接通电笛电源，电笛发出报警信号。如果要解除报警信号，可按下按钮SB1，KA3便动作吸合，KA3自锁触点闭合，KA3触点断开电笛电源回路，报警信号解除。当故障排除后，参数恢复正常，X1触点断开，电路恢复到初始状态。X2与X1的工作原理基本相同，不同之处是：因X2在正常情况下为常闭触点，故KA2在正常情况下是吸合的，只是当故障发生时才释放。

电路中的SB2为信号灯测试按钮。当按下SB2按钮时，各信号灯均应明亮。电路中所采用的继电器或接触器的容量应根据具体工作要求来定；其线圈电压及电笛线圈电压都应和指示灯电压一致。

第 29 章

起重设备控制电路

29-1 CD 型起重机控制电路

CD 型起重机控制电路如图 29-1 所示。

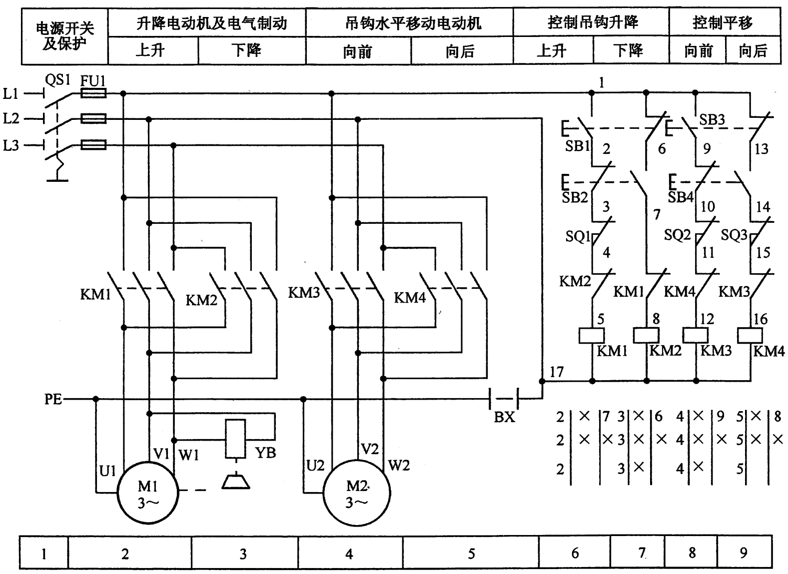


图 29-1 CD 型起重机控制电路

卷扬筒的升降由接触器 KM1 和 KM2 控制，小车向前、向后移动由接触器 KM3 和 KM4 控制，它们都通过悬挂在空中的按钮盒进行操作。

CD 型起重机的升降系统用锥形转子制动，异步电动机是一种自制动三相异步电动机，其转子的外表呈圆柱形，定子铁芯内腔呈锥形。绕组导电时，转子上磁力的轴向分力克服弹簧作用力，松开制动环，电动机正常运转；断电时，转子在弹簧作用力的作用下恢复原位，制动环即对电动机进行制动。

当需要起重机提升吊钩时，按住上升按钮 SB1，电流依次经过 L1→QS1→FU1→SB1 的接点（1—2）→SB2 的接点（2—3）→SQ1→KM2 的接点（4—5）→KM1 线圈→L2，接触器 KM1 的线圈得电动作，其主触点闭合，电磁制动器 YB 得电松闸，电动机 M1 正向运行。同时，KM1 的接点（7—8）断开，禁止接触器 KM2 的线圈工作。当吊钩到达预定位置时，松开按钮开关 SB1，接触器 KM1 的线圈失电复位，电动机 M1 停止工作。如果需要起重机的吊钩下降，就按下降按钮 SB2，电流依次经过 L1→SB1 的接点(1—6)→SB2 的接点(6—7)→KM1 的接点（7—8）→KM2 线圈→L2，接触器 KM2 的线圈得电动作，其主触点闭合，电磁制动器 YB 得电松闸，电动机 M1 反向运行。同时，KM2 的接点（4—5）断开，禁止接触器 KM1 的线圈工作。当吊钩到达预定位置时，松开按钮 SB2，接触器 KM2 的线圈失电复位，电动机停止工作。

29-2 KTJ15－32（63）/1 型凸轮控制器控制电路

KTJ15－32（63）/1 型凸轮控制器用于行车的起重（上升、下降）控制、行车的小车（向左、向右）控制、行车的大车（向前、向后）控制等。KTJ15－32（63）/1 型凸轮控制器的典型控制电路如图 29-2 所示。

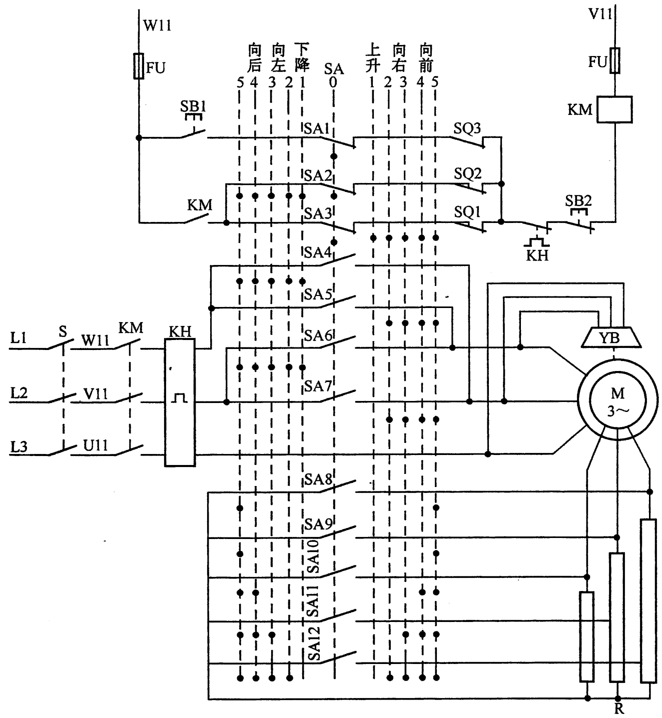


图 29-2　KTJ15－32（63）/1 型凸轮控制器的典型控制电路

1. 向前操作

将开关 SA 扳到向前“1”挡，SQ2 下位置开关退出工作回路。SA3 接通，电动机暂不启动，主要检查向前位置开关是否正常。如果位置开关 SQ1 正常，则 KM 线圈不会掉电；如果 SQ1 不正常，则 KM 线圈将掉电。此时，必须停机检修，待电路恢复正常后再使用。

将开关 SA 扳到向前“2”挡，SA3、SA5、SA7、SA12 接通，SA3 继续执行向前“1”挡的任务。SA5、SA7 分别接通 L1、L2 电源，电动机启动运行，SA12 将转子电阻第一段短路。

将开关 SA 分别扳到向前“3”挡、上“4”、上“5”挡，SA11、SA10、SA9、SA8 分别接通，依次将转子第二段、第三段、第四段电阻短路，电动机转速也随之加快。SA3、SA5、SA7 继续执行向前“1”挡的任务。

回零位操作时，SA3、SA5、SA7 保持不变，SA8、SA9、SA10、SA11、SA12 依次断开，依次将转子电阻接入电路，电动机转速也随之下降，直至回到零位停机。

2. 向后操作

向后操作与向前操作方向相反。SA3 断开，向前位置开关 SA1 退出工作电路。SA2 在向后各挡都接通，将向后位置开关 SA2 串入控制回路。当向后至安全预定位置时，SA2 断开控制回路的电源，保证电动机在规定范围内安全运行。SA4、SA6 在向后各挡都接通，为电动机提供反相序电源，保证电动机反向运行。由向后“1”挡到向后“5”挡逐级提速时，分别将 SA12 ～ SA8 接通，将转子电阻依次短路。由向后“5”挡回到零位时，分别将 SA8 ～ SA12 依次断开，将转子电阻依次接入电动机转子，使电动机转速逐渐下降，直至电动机停止运行。

29-3　LK1－12/90 型主令控制器控制行车主钩电路

LK1－12/90 型主令控制器控制行车主钩电路如图 29-3 所示。

LK1－12/90 型主令控制器有 12 对触点（SA1 ～ SA12），加上零位共有 13 挡（左右各 6 挡）。通过手动操作控制开关触点的通和断，从而实现对被控对象的控制。LK1－12/90 型主令控制器用于控制 15t/3t 行车主钩电路时，各接点的功能分配如下。

SA1：控制电压继电器 KV，实现零压保护。

SA2、SA3：与 SQ9 一起，用于上升、下降的限位保护。

SA4：通过 KM4 控制电磁制动器 YB5。

SA5、SA6：用于控制提升接触器 KM2 和下降接触器 KM3。

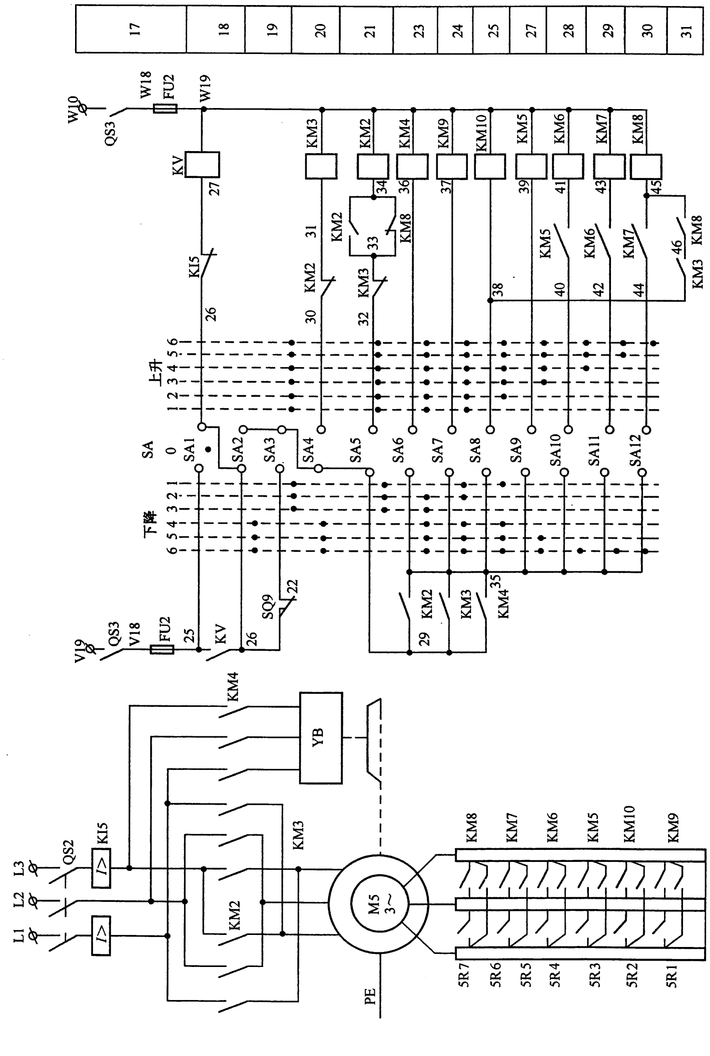


图 29-3　LK1-12/90 型主令控制器控制行车主钩电路

SA7、SA8：用于控制反接制动器 KM9、KM10。

SA9、SA12：用于控制调速电阻接触器 KM5 ～ KM8。

29-4　PQR10B 型主令控制器应用电路

PQR10B 型主令控制器控制起重机提升机构的应用电路如图 29-4 所示。

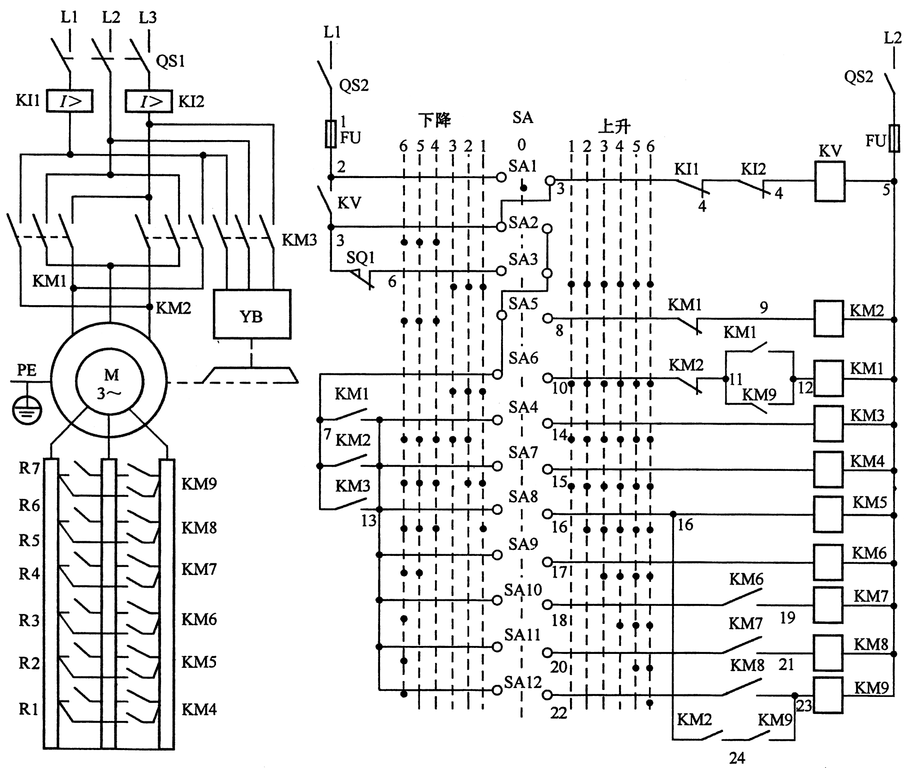


图 29-4　PQR10B 型主令控制器控制起重机提升机构的应用电路

合上电源开关 QS1，将主令控制器 SA 的手柄置于零位，SA1 闭合，电压继电器 KV 的线圈得电并自锁，为电动机启动做好准备。当主令控制器的手柄离开零位而处于其他工作位置时，虽然 SA1 断开，但不影响 KV 的吸合状态。当电源断电后，必须使控制器的手柄返回零位，才能再次启动，这就是零电压和零位保护。

控制器共有 6 个提升挡，在各提升挡位上，控制接点 SA3、SA4、SA6 与 SA7 都闭合，于是将上升行程开关 SQ1 接入，起提升限位保护作用。接触器 KM3、KM1 和 KM4 始终通电吸合，电磁制动器 YB 松开，短路电阻器 R1，电动机按提升相序接通电源，产生提升方向的电磁转矩。在提升“1”挡时，由于启动转矩较小，一般吊不起重物，只做收紧钢丝绳和消除齿轮间隙的预备启动。

当主令控制器的手柄依次上升到“2”至“6”挡时，控制器接点 S8 ～ S12 依次闭合，接触器 KM5 ～ KM9 的线圈依次通电吸合，将 R2 ～ R6 各段电阻逐级短路，于是可根据负载的大小选择 5 种提升速度。

主令控制器在下放重物时也有 6 挡，但在前 3 挡，正转接触器 KM1 通电吸合，电动机仍以提升相序接线，产生向上的电磁力矩；只有在下降的后 3 个挡位，反转接触器 KM2 才通电吸合，电动机产生向下的电磁转矩。所以，前 3 挡是倒拉反接制动下放，后 3 挡为强力下放。

下降“1”挡为预备挡。在“1”挡时，控制器的接点 SA4 断开，KM3 断电释放，电磁制动器 YB 未松开，SA6、SA7、SA8 闭合，接触器 KM4、KM5、KM1 通电吸合，电动机转子中的电阻 R1、R2 短路，定子按提升相序接通三相交流电源。但此时由于电磁制动器未松开，故电动机并不旋转。该挡是为适应提升机构由提升转为下放物品、消除由于机械传动间隙而产生的冲击所设的，所以在此挡不能停留，必须迅速通过该挡到达其他挡，以防电动机在堵转状态下停留时间过长而烧毁绕组。该挡位的转子电阻与提升“2”挡的转子电阻相同。

下放“2”挡是为重载低速下放而设的，下放“3”挡是为中型负载低速下放而设的。在上述制动下降的 3 个挡位，控制器的接点 SA3 始终闭合，将提升限位开关 SQ1 接入，其目的在于，当对吊物质量估计不准时起上升限位作用。

控制器的手柄位于下放“4”、“5”、“6”挡时为强力下放。此时，控制器的接点 SA2、SA5、SA4、SA7 与 SA8 始

终闭合，接触器 KM2、KM3、KM4、KM5 及电磁制动器 YB 的线圈通电吸合，电磁制动器 YB 打开，电动机定子按下放重物相序接线，转子电阻逐级被短路，提升机构在电动机下放电磁转矩和重力矩作用下使重物下放。

29-5　吊篮式起重机控制电路

吊篮式起重机控制电路如图 29-5 所示。

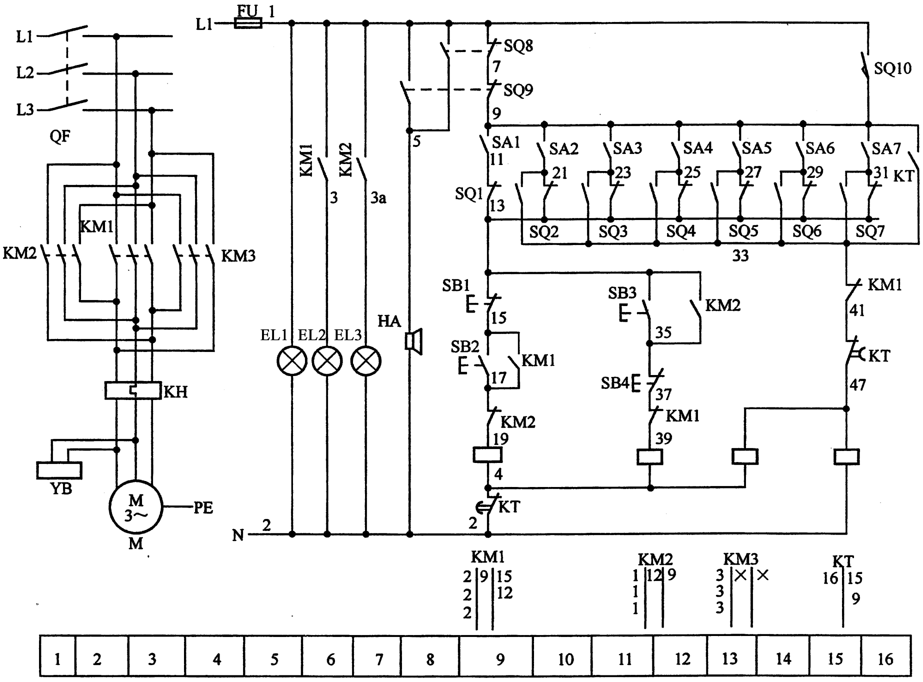


图 29-5　吊篮式起重机控制电路

1. 吊篮上升

如果要将吊篮提升到 4 楼，就按下楼层选择开关 SA4，SA1 ～ SA3 和 SA5 ～ SA7 开关自动跳开，控制电路经 SA4 接通电源。按上升启动按钮 SB2 后，接触器 KM1 的线圈得电吸合并自锁，其主触点闭合，电动机得电启动正转，吊篮上升。同时，KM1 的接点（37—39）、（33—41）断开，禁止 KM2、KM3 和 KT 的线圈得电。当吊篮上升到 4 楼时，碰块压住 4 楼的位置开关 SQ4，其接点（25—13）断开，KM1 线圈失电复位，其主触点断开，电动机停止运行，同时 KM1 的接点（37—39）闭合，为 KM2 投入运行做好准备；另一方面，SQ4 接点（25—33）闭合，KM1 的（33—41）闭合，时间继电器 KT 和接触器 KM3 的线圈同时得电动作，KT 的接点（9—33）闭合，使 KM3 和 KT 锁住，接触器 KM3 的主触点闭合，电动机反转，吊篮下降，使保险杠落到保险钩上。时间继电器 KT 的延时时间一到，其接点（41—47）、（4—2）就断开，接触器 KM3 和时间继电器 KT 的线圈同时失电复位，电动机停止工作，上升过程结束。

2. 吊篮下降

当要求吊篮下降到某层时，在按下某层楼的选择开关后，再按下 SB2，让吊篮上升脱离保险钩，挑起保险钩挡板，待保险杠脱离挡板后，挡板自由落下。再按下 SB3，交流接触器 KM2 的线圈得电动作并自锁，电动机反转，吊篮下降保险杠沿挡板外沿向下滑行。当吊篮下降到该层保险钩以下时，按下 SB4，停止下降。再按下 SB2，使电动机正转，吊篮上升，挑起挡板，重复上述停层的控制程序，直到停放平稳。

如果要求吊篮下降到底层，可按下 SA1，使吊篮上升脱离保险钩，再按下 SB3，使吊篮下降到底层并碰压 SQ1，SQ1 的动断接点（11—13）断开，电动机失电停止工作，下降过程结束。

29-6　5 吨桥式起重机控制电路

5 吨桥式起重机控制电路如图 29-6 所示。

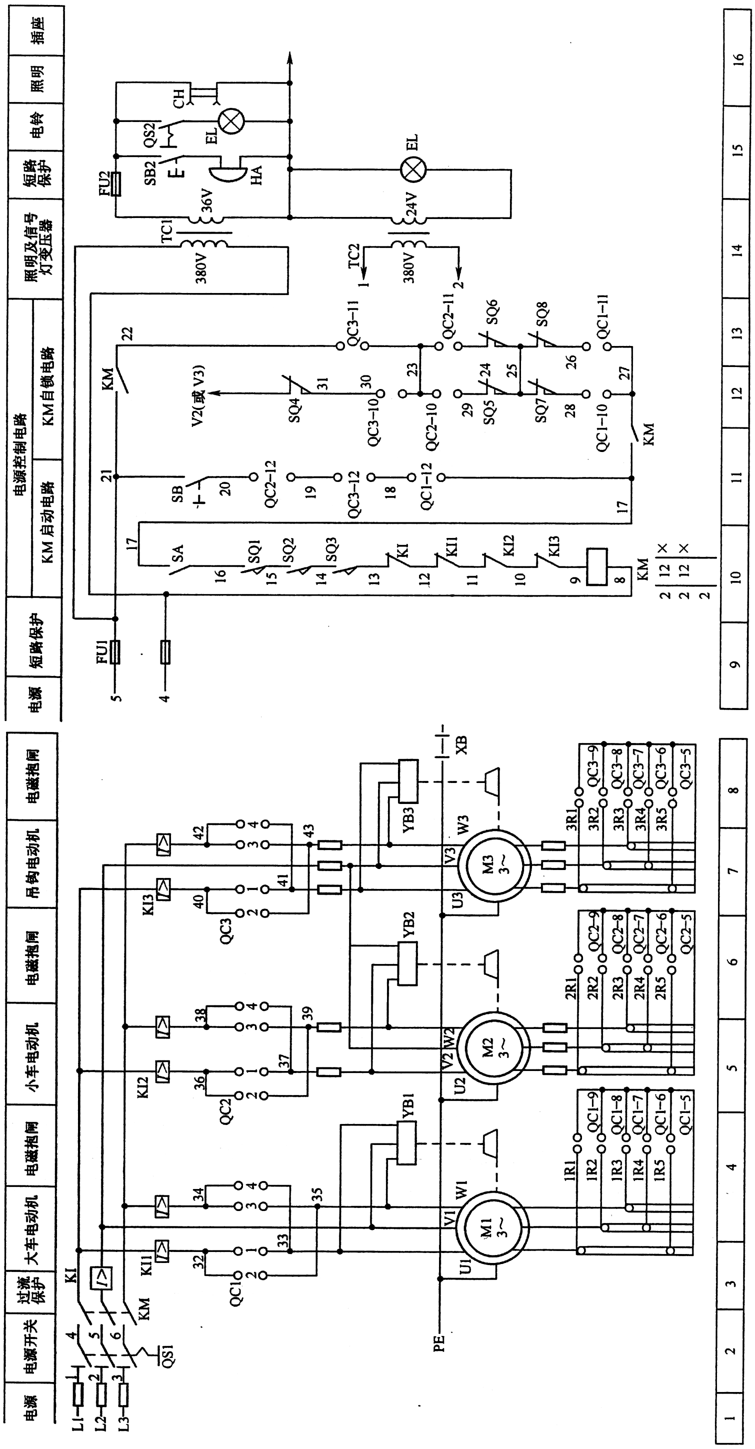


图 29-6　5 吨桥式起重机控制电路

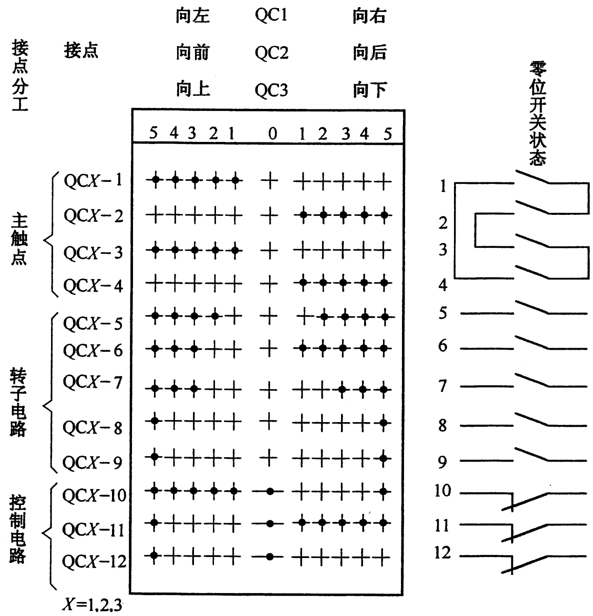


图 29-7　凸轮控制器触点的分工

凸轮控制器是 5 吨桥式起重机的核心控制开关，它是一种多接点、多位置的同轴机械连锁装置。它身兼三职：控制电动机定子绕组与三相电源的通断，控制转子绕组中电阻值的变化，控制接触器线圈工作电源的通断，具体分配如图 29-7 所示。

每个凸轮控制器共有 11 个操作挡和 12 对接点。其中，1、2、3、4 号接点用于控制电动机的正、反转；5、6、7、8、9 号接点用于控制电动机的启动和分级短路相应的电阻；10、11 号接点和限位开关配合，用于大车行车、小车行车和吊钩提升的极限位置保护；12 号接点用于零位启动保护。

第 30 章

电工计量仪表与测量仪表电路

30-1 DD17 型单相跳入式电度表的接线方法

电度表是测量用电器用电量的一种仪表，它可测量用电器的有功功率。

它的接线方法是：电度表电流线圈 1 端接电网相线，2 端接用电器相线，3 端接电网 N 线进入线，4 端接用电器 N 线。总之，1、3 进线，2、4 出线后进入用户线，如图 30-1 所示。

电度表的额定电压为 220V、电流规格为 1（2）A 时，选用负载为最小功率 11W、最大功率 440W，否则会造成电度表度数计费不准或超载时烧坏电度表。以此类推，如果电度表为 2.5（5）A，选用负载为 27.5 ～ 1100W；如电度表为 5（10）A，选用负载为 55 ～ 2200W；如果电度表为 30（60）A，选用负载为 330 ～ 13 200W；如电度表为 60（120）A，选用负载则为 660 ～ 26 400W。

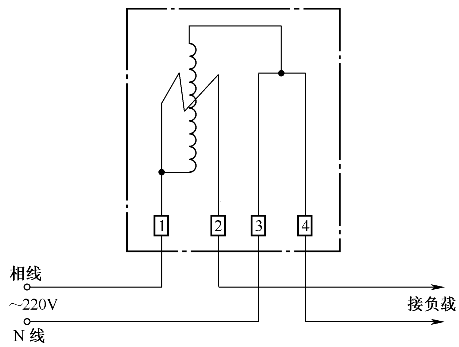


图30-1　DD17 型单相跳入式电度表的接线方法

电度表安装时的注意事项。

（1）检查表罩上所加铅封是否完整。

（2）电度表应安装在干燥、稳固的地方，避免阳光直射，忌湿、热、霉、烟、尘、砂及腐蚀性气体。位置要装得正，如有明显倾斜，容易造成计度不准、停走或空走等毛病。电度表可挂得高些，但要便于抄表。

（3）电度表应安装在涂有防潮漆的木制底盘或塑料底盘上。在盘的凸面上，用木螺钉或机制螺钉固定电度表。电度表的电源引入线和引出线可通过盘的背面（凹面）穿入盘的正面后进行接线，也可以在盘面上走明线，用塑料线卡固定整齐。

（4）必须按接线图接线，同时注意拧紧螺钉和紧固一下接线盒内的小钩子。

30-2 单相电度表测有功功率顺入接线方法

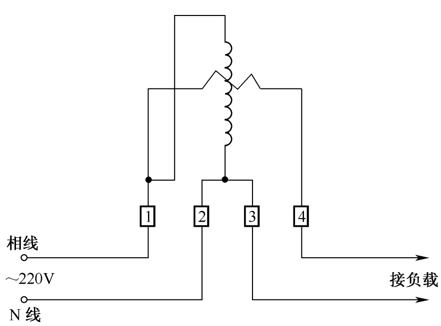


图 30-2　单相电度表测有功功率顺入接线方法

图 30-2 所示是一种单相电度表测有功功率顺入接线方法。目前这种方法较少见，多用于老式电度表。此处提供这种电路供有老式电度表的用户参考。它由接线端子 1、2 进线，3、4 出线，电源的相线必须接在接线端子 1 上。

电度表使用时的注意事项。

（1）电度表装好后，合上刀开关，开亮电灯，转盘即从左向右转动。

（2）关灯后，转盘有时还在微微转动，如果不超过一整圈，属正常现象。如果超过一整圈后继续转动，试断开 3、4 两根线（指跳入式电度表接线），若不再连续转动，则说明电路上有问题；如果仍转动不停，就说明电度表不正常，需要检修。

（3）电度表内有交流磁场存在，金属罩壳上产生感应电流是正常现象，不会费电，也不影响安全和正确计数。若因其他原因使外壳带电，则应设法排除，以保安全。

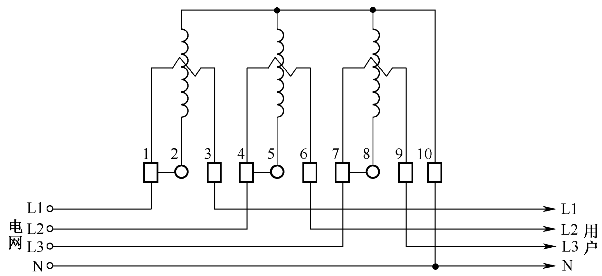
30-3 DT8 型三相四线制电度表接线方法

图 30-3（a）所示是 DT8 型 40 ～ 80A 直接接入式三相四线制有功功率电度表接线电路。三相四线三元件

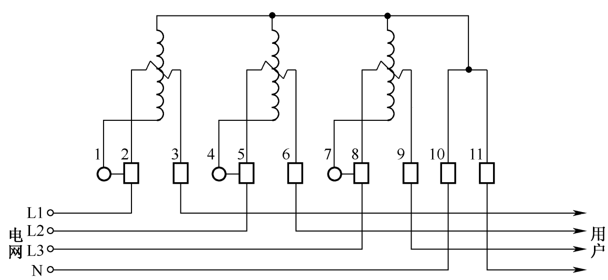
电度表实际上是 3 个单相电度表的组合，它有 3 个电流线圈、3 个电压线圈和 10 个接线端子。

图 30-3（b）所示为 DT8 型 5 ～ 10A、25A 三相四线制有功功率电度表接线电路，它有 11 个接线端子。接线时，应按照相序及端钮上所标的线号接线，接线端子标号 1、4、7、10 为进线，3、6、9、11 为出线。所接负载应在额定负载的 5% ～ 150% 之间。

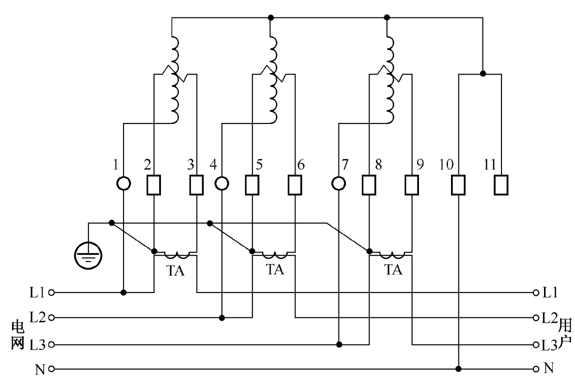
图 30-3（c）所示是 DT8 型 5A 电流互感式三相四线制有功功率电度表接线电路，电度表应按相序接入。电度表经电流互感器接入后，计数器的读数需乘以互感器感应比率才等于实际电度数。例如，电流互感器的感应比率为 200/5A，那么电度表读数再乘以互感器的感应比率才是实际用电度数。



（a）DT8 型 40～80A 直接接入式三相四线制有功功率电度表接线路



（b）DT8 型 5～10A、25A 三相四线制有功功率电度表接线电路



（c）DT8 型 5A 电流互感式三相四线制有功功率电度表接线电路

图 30-3　三种 DT8 型三相四线制电度表接线方法

三相电度表使用中的注意事项。

（1）电度表使用的负载应在额定负载的 5% ～ 150% 之间，如 80A 电度表可在 4 ～ 120A 范围内使用。

（2）电度表运转时转盘从左向右，切断三相电流后，转盘还会微微转动，但不超过一整转，转盘即停止转动。

（3）电度表的计数器均具有 5 位读数，标牌窗口的形式分为一红格、全黑格和全黑格 ×10 三种，当计数器指示值为 38 225 时，一红格表示为 3 822.5 度，全黑格表示为 38 225 度，全黑格 ×10 的表示为 382 250 度。

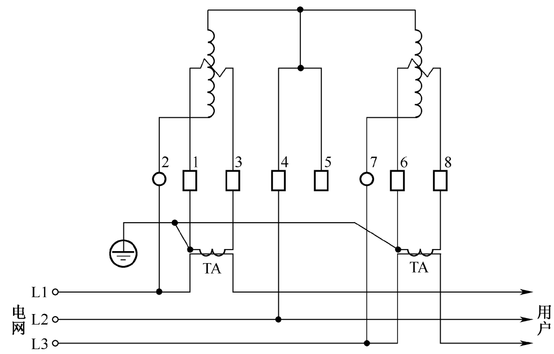
30-4　DS8 型系列电度表三种接线方法

图 30-4（a）所示为 DS8 型 380V、5A 电流互感式三相三线电度表接线电路。电度表读数再乘以互感器的感

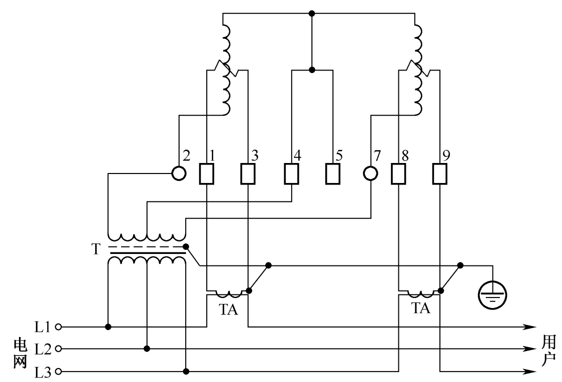
应比率才为实际用电度数。

图 30-4（b）所示是 DS8 型 100V、5A 万用互感式三相三线制电度表接线电路。应用这种电度表时，应注意电度表读数乘以电压互感器的感应电压比和电流互感器的感应比率才是实际电度数。

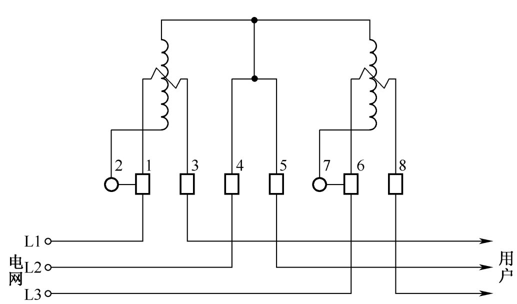
图 30-4（c）所示为 DS8 型 380V、5 ～ 10A、25A 直接接入式三相三线电度表接线电路。这种电度表接线时应按三相交流电源的正相序接线，1、4、6 为进线，3、5、8 为出线。



（a）DS8 型 380V、5A 电流互感式三相三线电度表接线电路



（b）DS8 型 100V、5A 万用互感式三相三线制电度表接线电路



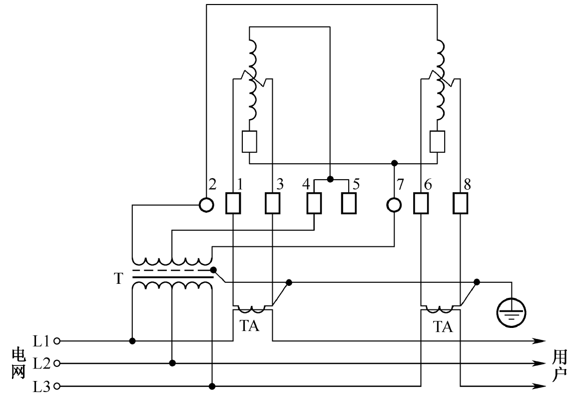
（c）DS8 型 380V、5～10A、25A 直接接入式三相三线电度表接线电路

图 30-4　DS8 型系列电度表三种接线方法

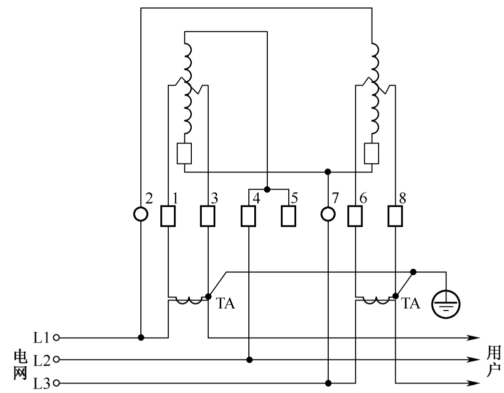
30-5　DX8 型三相三线无功功率电度表接线方法

图 30-5（a）所示为 DX8 型 100V、5A 万用互感式三相三线 60°无功功率电度表接线电路。它用于交流 50Hz 三相制电路中测无功功率。接线时同样按三相交流电的正相序连接，其电度表读数乘以电流互感器的倍率和电压互感器的电压比才是实际的无功功率数。

图 30-5（b）所示为 DX8 型 380V、5A 电流互感式无功功率电度表接线电路。其中互感器线圈一端应可靠接地。无功功率电度表的读数乘以电流互感器的倍率才是实际的无功功率数。



（a）DX8 型 100V、5A 万用互感式三相三线 60°无功功率电度表接线电路

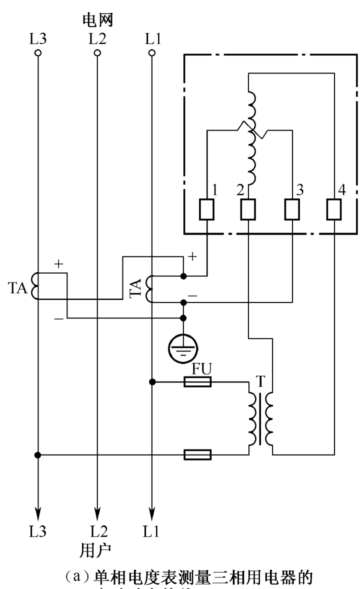


（b）DX8 型 380V、5A 电流互感式无功功率电度表接线电路

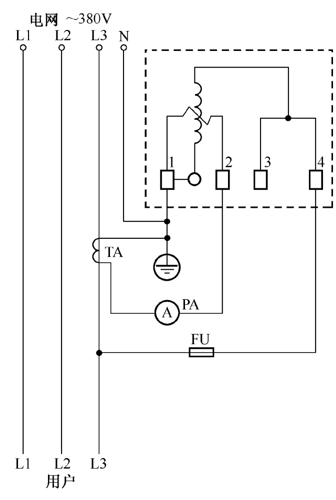
图 30-5　两种 DX8 型三相三线无功功率电度表接线方法

30-6　单相电度表可测三相用电器的有功功率接线方法

图 30-6（a）所示是一单相电度表测量三相用电器的有功功率接线方法，这种方法可大致测得三相有功功率。



（a）单相电度表测量三相用电器的有功功率接线



（b）三相用电器有功功率接线

图 30-6　两种单相电度表可测三相用电器的有功功率接线方法

在工厂、单位和农村的乡镇企业常采用三相交流电，计量用电量时，一般需要一只三相电度表。如果只有单相电度表，按图 30-6（b）接线，便可使用单相电度表测得三相电的用电量，即原单相电度表读数乘以互感器的倍率，然后再乘以 3，便是实际三相用电器的用电度数。这种方法简便易行，非常实用。

30-7　三相有功功率电度表接线方法

图 30-7 所示是一种三相有功功率电度表接线方法，它的外部配接有电流互感器和三相交流变压器。

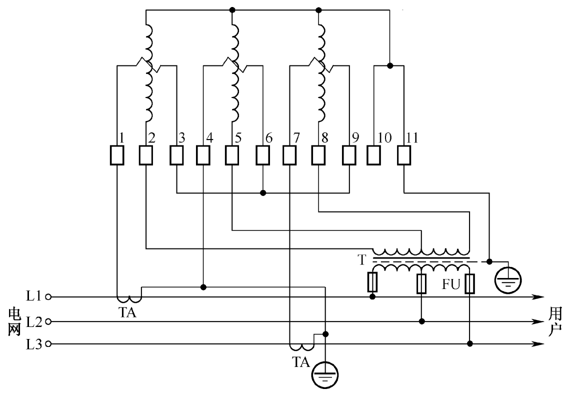
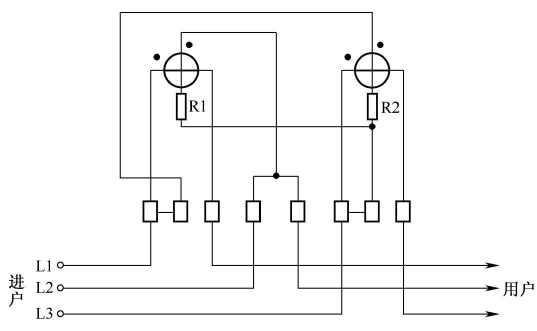


图 30-7　三相有功功率电度表接线方法

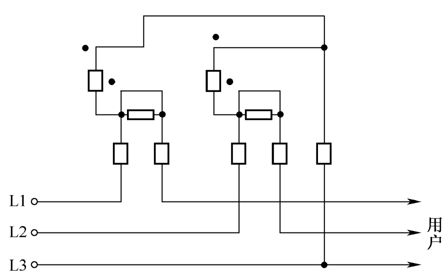
30-8　三相无功正弦电度表接线方法

具有 60°相位差的二元件正弦三相无功电度表（DX2 型）的特点是：当负载功率因数 $\cos\varphi=1$ 时，电压工作磁通 φu 与电流磁通 φI 的相位差不是 90°而是 60°，通过对电压线圈串联的电阻 R1、R2 的选择，可以改变 φu 的相位角，因此就可以得到 φu、φI 间 60°相位差的要求，这种电度表的接法如图 30-8（a）所示，可以看出其接线与普通有功功率电度表完全一样。

另一种三相无功正弦电度表接线方法如图 30-8（b）所示。由于正弦表元件所产生的力矩与 $UI\sin\varphi$ 成正比，所以它的接法与有功表完全相同。无论电流、电压是否平衡，其计量的结果都正确。



（a）具有 60°相位差的二元件正弦三相无功功率电度表接线



（b）三相无功功率正弦电度表接线

图 30-8　两种三相无功正弦电度表的接线方法

30-9　用一个单相电度表测量三相无功电能接线方法

在三相负荷对称的情况下，采用图 30-9所示的接线方式可以测得三相无功电能。电度表的读数乘以$\sqrt{3}$即为三相无功电能。

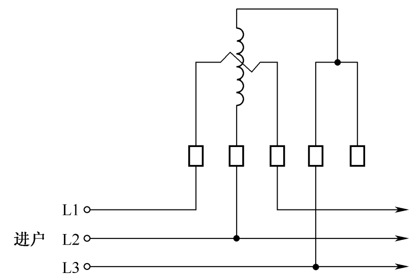


图 30-9　用一个单相电度表测量三相无功电能接线方法

30-10　直流电度表的接线方法

一般的直流电路的电能可用直流电度表测得，其常用的直流电度表接线方法如图 30-10（a）所示。它有一组电压线圈和一组电流线圈，分别接于被测电路中。

图 30-10（b）所示是一直流电度表经附加电阻接线方法。这种方法的主要作用是可使所测的直流电压与电度表上的电压线圈要求相符合。

图 30-10（c）所示是直流电度表通过分流器接线方法，因直流电路中有时工作电流较大，不能直接接入电度表，这样就必须加一个分流器，再接入电路中。

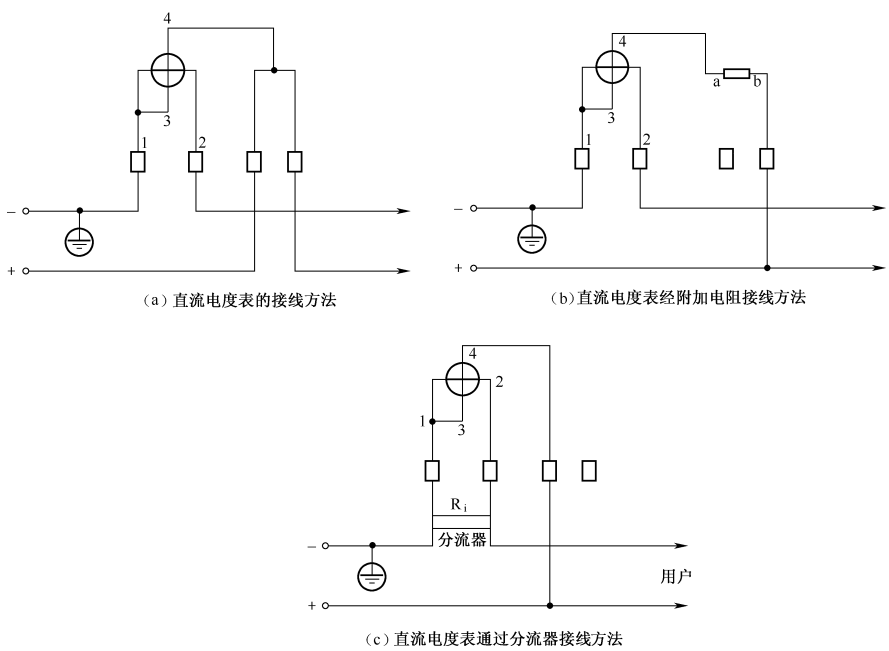


图 30-10　直流电度表的三种接线方法

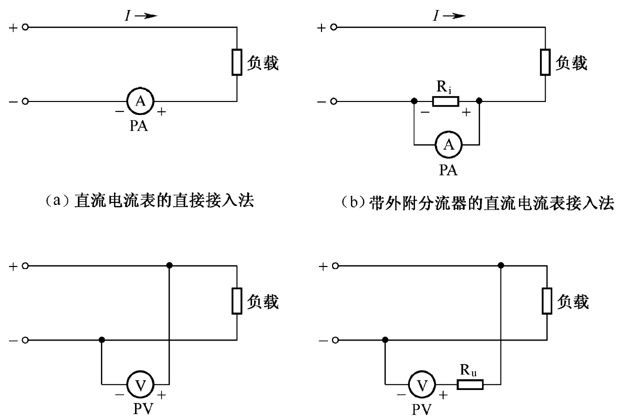
30-11　直流电流表、直流电压表常用的接线方法

电流表是电工用来测量电路中电流大小的仪表。电流表需要和被测电路串联。

直流电流表的正极应与电源的正极接线端子相连接。电流表的量限应为被测电流的 1.5 ～ 2 倍。图 30-11（a）所示为直流电流表的直接接入法。图 30-11（b）所示为带外附分流器的直流电流表接入法。

图 30-11（c）、（d）所示为直流电压表的常用接线方法，一般电压表用来测量电气设备电路中的电压。测量时可将电压表直接接入电路。按图 30-11（c）接线时应注意电压表上的正负极与电路中的电压正负极相对应。如果电压表测量机构的内阻 R 不够大，测量电压又较高时，就需增加一个串联电阻 R_u 来降低电压表测量机

构的电压，这个电路中的电阻也称倍压器，如图 30-11（d）所示。



（a）直流电流表的直接接入法　（b）带外附分流器的直流电流表接入法

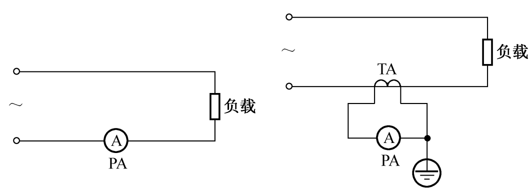
（c）直流电压表的常用接线方法一　（d）直流电压表的常用接线方法二

图 30-11　直流电流表、直流电压表常用的接线方法

30-12　交流电流表的接线方法

电磁式仪表过载能力强、量限大，如果测量范围在量程容限内可按图 30-12（a）所示方法直接接入被测电路。如果需要扩大量限或必须降低通过仪表的电流，可选用和电流表变比一致的电流互感器来扩大量程，如图 30-12（b）所示。

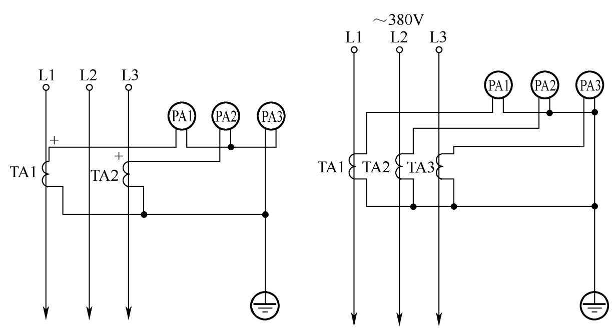
在使用交流互感器时，不允许交流互感器二次侧开路，否则会产生高压，对人及电气设备造成很大的危害。



（a）交流电流表的接线方法一　（b）交流电流表的接线方法二

图 30-12　交流电流表的接线方法

30-13　两种三块电流表接入三相电源的方法



（a）用两个互感器接入三块电流表　（b）三块电流表接三相电源的方法

图 30-13　两种三块电流表接入三相电源的方法

用两个电流互感器接入三块电流表电路如图 30-13（a）所示。这种方法测量三相交流电流，可省去一个电流互感器。

图 30-13（b）所示是三块电流表接三相电源的方法。此方法是常用的一种接线方法，接线时，三个电流互感器的一端必须接地，以保证人身和电气设备的安全。

30-14　50KA、50GF、75GF 型发电机控制屏电路

50KA、50GF、75GF 型的发电机控制屏电路如图 30-14 所示。注意：50KA 型柴油发电机组与 50GF 型机组所用同步发电机型号是不同的，50KA 型机组不能并联运行。75GF 机组为普通型。

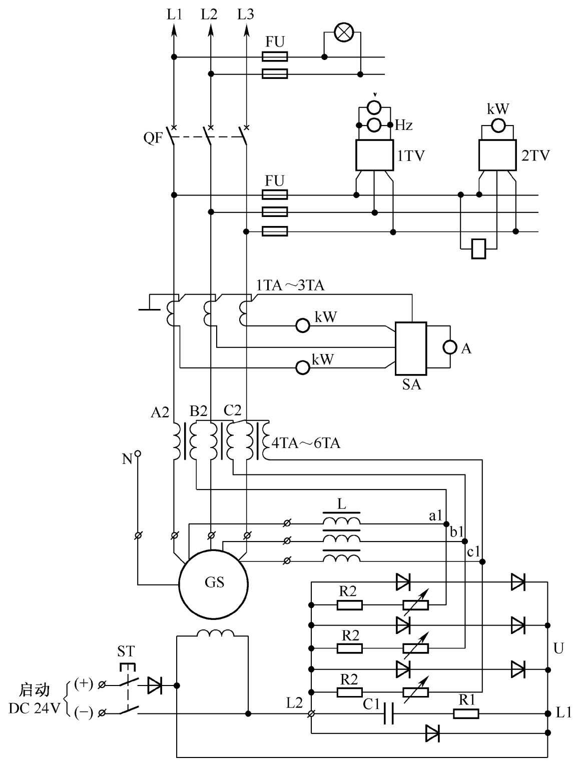


图 30-14　50KA、50GF、75GF 型发电机控制屏电路

30-15　功率、功率因数、频率的测量电路

在中小型发电机控制屏上，常采用功率表 W、功率因数表 cosφ、频率表 Hz、三块电流表经两块电流互感器 TA 和两个电压互感器 TV 的联合接线电路，如图 30-15 所示。电气工作人员在应用接线时需注意以下几点。

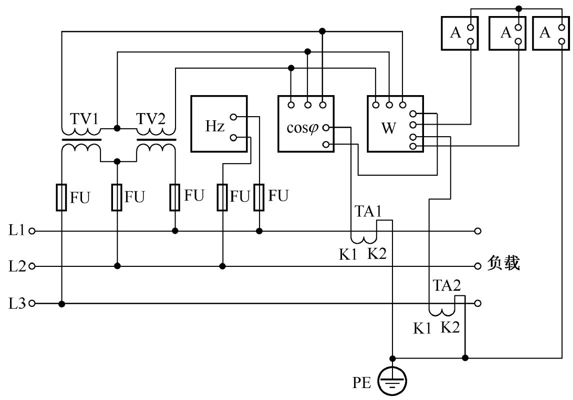


图 30-15　功率、功率因数、频率的测量电路

（1）三相有功功率表 W 的电流线圈、三相功率因数表 cosφ 的电流线圈及电流表 A 的电流线圈，与电流互感器二次侧串联成电流回路。但 L1 相、L3 相两电流回路不能互相接错。

（2）三相有功功率表 W 的电压线圈、三相功率因数表 cosφ 的电压线圈与电压互感器二次侧并联成电压回路，但各相电压相位不可接错。

（3）电流互感器二次侧“K2”或“ - ”端与第三块电流表 A 末端相连，并须可靠接地。

30-16　JDJ 型电压互感器接线方法

电压互感器的工作原理与变压器的工作原理一样，它的作用是将高压转换为低压，从而供测量仪表或继电

器的电压线圈用电。使用电压互感器，其二次侧不允许短路。图 30-16（a）为 JDJ-6 型户内用表接线图，图 30-16（b）为 JDJ-35 型户外用表接线图。

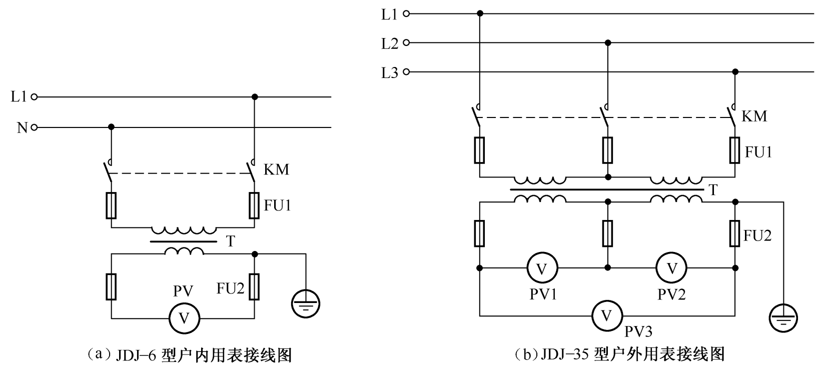


图 30-16　JDJ 型电压互感器接线方法

30-17　交流与直流两用电压表的接线方法

用交流或直流两用电压表测量单相或三相交流电路中的电压，接线方法如图 30-17 所示。如需扩大仪表量程，可使用电压互感器 YH。在接线中，不允许二次侧线圈短路。

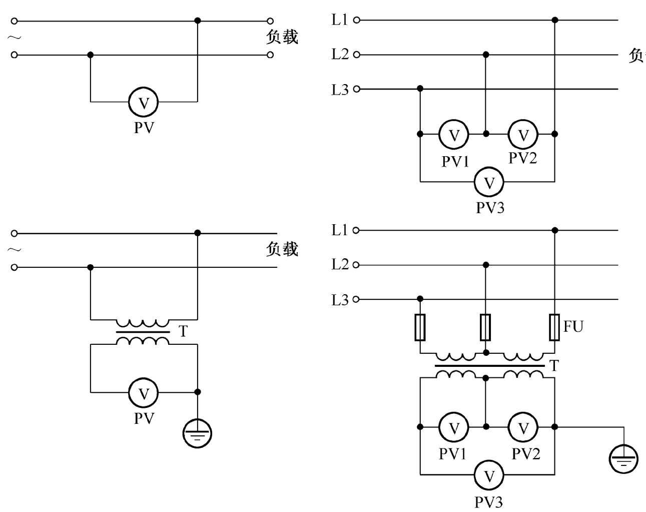


图 30-17　交流与直流两用电压表的接线方法

30-18　五种常用自动控制仪表接线方法

DBY 型压力变送器为 DDZ-Ⅱ系列电动单元组合式检测调节仪表中的一个变送单元。

DBY 型变送器在测量和自动调节系统中作为检测环节，用于连续测量气体蒸汽、液体等介质的压力和负压，并将被测参数转换成 0～10mA（DC）统一电流信号输出，它与 DD2-Ⅱ系列电动单元组合仪表中的记录仪表、调节器等组成自动检测、调节、控制等工业自动化系统。

DBY-120 型压力变送器接线电路如图 30-18（a）所示。接线端子 1、2 接该压力变送器的负载（如调节器、指示灯、记录仪表等或负载电阻 1.5kΩ），接线端子 3、4 接工频电源 220V。

DZD-031 型电-气转换器为 DDZ-Ⅱ型电动单元组合式检测、调节仪表中的一个转换单元，它在自动调节系统中作为信号转换器用，它能将连续的电信号 0～10mA（DC）相应地转换为连续的气压信号（0.2～1kg·f/cm^2），传送到气动二次仪表、调节器或气动执行机构进行记录、指示和调节。它的输入信号为 0～10mA（DC），输出信号为 0.2～1kg·f/cm^2，输入电阻≤2.2kΩ。其接线电路如图 30-18（b）所示。

DBW-130 型温度变送器是 DDZ 系列电动单元组合式检测调节仪表中的一个变送单元。它与各类热电偶、热电阻配合使用，可将温度信号转换成 0～10mA 统一电流信号，同时它又是一个低电平直流毫伏转换器，可与具

有毫伏输出的各种变送器配合，使之具有 0 ～ 10mA 统一信号输出。由此可组成对温度等参数的自动调节系统。

DBW－130 型温度变送器有两种形式：一种是墙挂式，另一种是现场安装式。它的接线方法如图 30-18（c）所示。它可接入热电偶及热电阻，量程为 10 ～ 100Ω；也可接入毫伏输入信号，量程为 5 ～ 50mA。所接的负载电阻为 0 ～ 1.5kΩ，供电电压为交流电 220V，消耗电功率约 5V・A。

XWD100 型电子自动记录仪是自动化仪表的一个单元。它可将输入的 0 ～ 10mA 电流信号的变化自动记录下来，得到以时间为坐标的变化曲线图。例如，需要记录温度曲线时，测量温度的热电阻阻值变化通过温度变送器输出，变成 0 ～ 10mA 的电流信号送入记录仪中，便可记录出温度变化的曲线。具体外接接线如图 30-18（d）所示。RA 为本记录仪自带的外加电阻，配接变送器为 MA，外加交流电压为 220V。

DDZ－Ⅱ调节器在自动仪表中起直接操动执行机构的作用。DDZ－Ⅱ调节器输入 0 ～ 10mA（DC），输出 0 ～ 10mA（DC），电源电压为 220V。DDZ－Ⅱ调节器外接接线如图 30-18（e）所示。

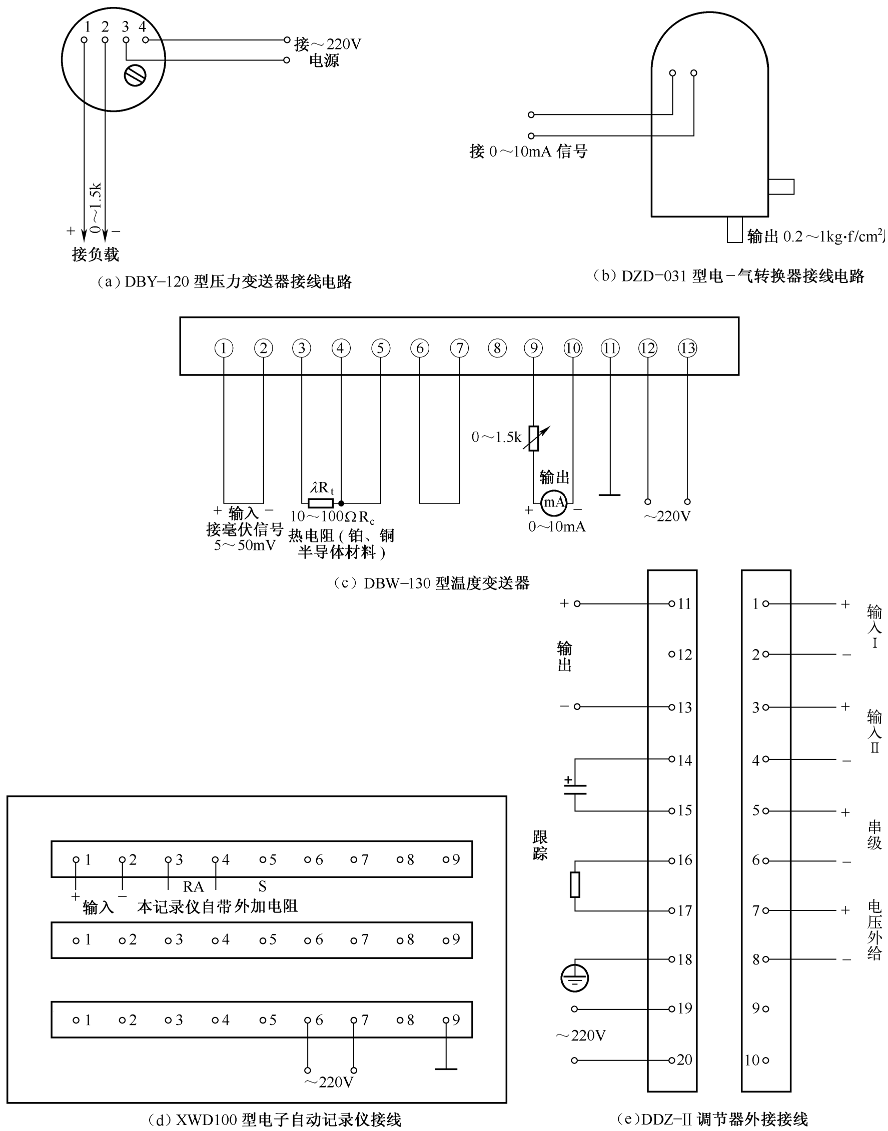


图 30-18　五种常用自动控制仪表接线方法

30-19　ZSK－4 型自动计数器控制电路

ZSK－4 型自动计数器控制电路如图 30-19 所示，该计数器可对生产流程中的产品进行计数、监控、显示的控制。

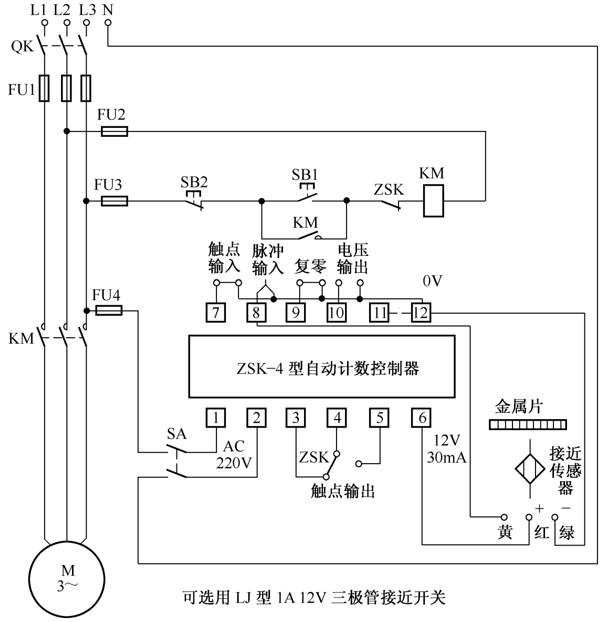


图 30-19　ZSK－4 型自动计数器控制电路

ZSK－4 型自动计数器设有 4 位预置。它既可以进行连续计数，又可用数码开关预先设定一个数字，当计数到达预先定值时，该计数器就输出控制信号，通过传感器执行控制。

合上电源开关 QK 和计数器电源控制开关 SA，并将计数器数码开关拨到所需要的数字。按下启动按钮 SB1，接触器 KM 吸合并自锁，电动机运转。这时，活动机械带动金属片对接近传感器进行连续感应，使计数器自动计数。当计数器计数达到预定值时，输出控制信号，并使计数器内的继电器常闭触点 ZSK 自动断开，切断了控制回路，使接触器 KM 释放，电动机停止，并在计数器上显示预定的数字。当需要第二次计数时，必须按一下计数器上的复零按钮方能计数。

30-20　DH－14J 预置数数显计数继电器接线电路

DH－14J 预置数数显计数继电器通常称为计数器，适用于交流 50Hz，额定工作电压有 24V、36V、110V、127V、220V、380V 或直流工作电压 24V，该预置数数显计数继电器可按预置的数字接通或分断电路。

此计数器采用专用计数芯片、计数信号光电隔离、4 位 LED 数字显示，计数范围为 1 ～ 9999（×1、×10、×100 倍率转换开关预置），它具有计数范围广、多种计数信号输入、计数性能稳定可靠等优点。

1. 计数方式

（1）触点信号输入计数：继电器、行程开关等。

（2）电平信号输入计数：正脉冲电平 DC4 ～ 30V，最小计数脉冲不小于 15ms。

（3）传感器信号输入计数：光电开关、接近开关、霍尔开关。

2. 其他参数

计数速度：30 次/秒。

功耗：≤3W。

复位方式：按钮开关复零和接线端子⑧与⑪短路复零。

显示器件：LED 数字显示屏。

触点容量：AC 220V，3A，$\cos\varphi=1$；DC 24V，5A。

DH－14J 预置数数显计数继电器的外形及接线电路如图 30-20 所示。

3. 使用注意事项

（1）计数器因有记忆功能，需在通电前预置好数字和倍率关系，通电后预置的数字无效。如果需要重新预置数字，应在预置好后按复位按钮或断电时间大于 0.5s 后再接通电源。

（2）接线端子①与②为电源，③、④、⑤为一组转换触点，且③、④为常开触点，③、⑤为常闭触点。⑦、

⑨外接 4.5V 电池，且 ⑦为正极，⑨为负极（如不需停电记忆功能，不需要在⑦、⑨端子之间外接 4.5V 电池），⑧与⑪为复零输入端，⑩为计数信号输入端。

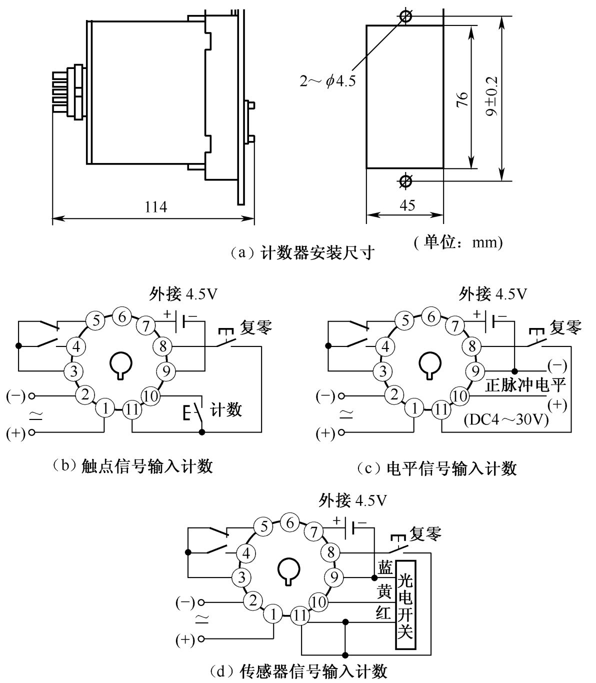


图 30-20　DH-14J 预置数数显计数继电器接线电路

（3）触点信号输入计数时，如因输入触点接触不良或回跳导致误计数，应在计数信号输入端⑨、⑩之间加一个 1 ～ 4.7μF/50V 的电容器，⑩接电容器的正极，⑨接电容器的负极。

（4）在强电场环境或复位导线较长时，应使用屏蔽导线，且复零端（⑧、⑪）切勿输入电压或接地，以免损坏继电器。

30-21　电工常用万用表电路

万用表是电工常用的测量仪表工具，其内部由直流电流表、电容、电阻、二极管、开关、电池等组成。图 30-21（a）所示是一种典型的袖珍式万用表电路。它有直流电流测量挡、交直流电压测量挡、直流电阻测量挡、三极管 h_{FE}测定挡。h_{FE}测量方法如下：把开关转到 R×1k 挡上，将测试杆短路，调好欧姆零位，再把开关转到 h_{FE}挡，把三极管 e、b、c 三极插入万用表相对应的 e、b、c 插孔内，在 h_{FE}刻度线上可读出 h_{FE}的值来。

500 型万用表又称繁用表，是一种多用途的便携式测量仪表，它具有测量范围广、使用方便、易携带等优点，是电工必备的测量工具。

一般万用表可用来测量电阻、直流电流、交流电流、直流电压、交流电压等。功能较多的万用表还能测电感、电容、声频电压、三极管放大倍数等，故称为万用表。

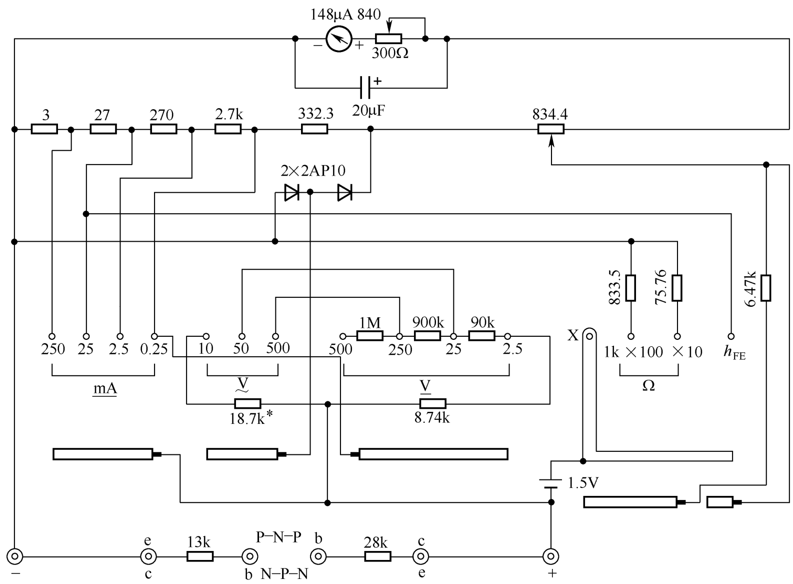
图 30-21（b）所示是 500 型万用表实际电气电路图，供电工人员维修万用表时参考。

电气工作人员使用万用表时应注意以下事项。

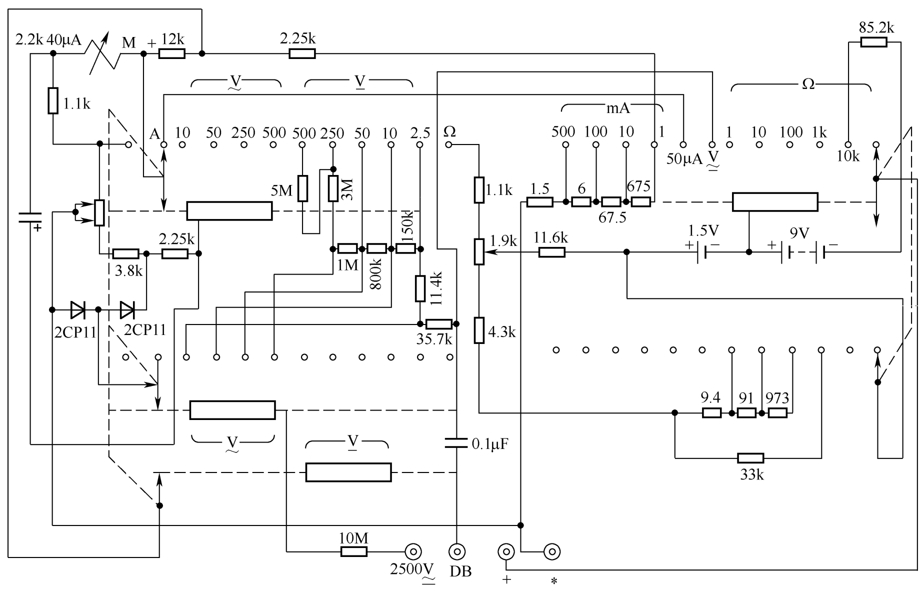
（1）使用前，首先要检查转换开关挡位是否与所要测量的物理量一致，切不能把挡位拨错。例如，在测量较高的电压时，误将转换开关置于电流或电阻挡上，则很可能烧坏仪表。

（2）在测量电阻时，首先选好所需要的挡位，然后将两表笔直接连接在一起短接一下。此时，万用表的指针应指向零值，若未指零，应旋动“Ω”旋钮，使指针指零。然后再去测电路，每换一次电阻挡量程，均应先调零位。

（3）在电路中测量电阻时，应断电测量。测试电路中的电容器时要短路放电后再测。电阻的量限应选择适当，使指针在中间位置读数较准确。在测电阻阻值时，不应用手触及电阻两端，这样会形成被测电阻与人体电阻并联，引起测量不准。



（a）电工常用 MFS2 型万用电表电路



（b）500 型万用表电路

图 30-21　电工常用万用电表电路

（4）在测量电压或电流时，若被测电路上的电压或电流的大小难以估计出来，应先把万用表的量程拨到最大，然后根据实际情况逐渐换小挡位。换挡位时，要使两表笔离开测量体，不可带电换量程。

（5）在测量直流电压或直流电流时，还需注意，应使被测量的极性与仪表的正负极性一致。测量电流时，应将万用表串联在电路中。

（6）测量交流电压时，要考虑被测电压的波形，万用表只适用于测量正弦波电压的有效值，而不能测量非正弦量。

（7）用万用表测量 2500V 交流或直流高压时，应将万用表架在绝缘支架上，被测部件断电。电路中若有固定大电容，应先将电容放电短接，并拆除短路线，然后接通电源。测试棒应分别置于“2500V”及“－”插孔内，应将测试棒“－”端固定在电路“地”点上，用测试棒另一端接触被测高压电源。测试过程中应严格执行高压操作规程，双手必须戴高压绝缘手套，地板上应铺高压绝缘胶板，测试人员要谨慎从事。

（8）在每次测量完毕后，应将万用表转换开关拨到交流电压最高挡位，以防他人粗心从事，损坏万用表。

另外，也可避免放在量程电阻挡上时表笔不慎接触，造成电池消耗。

（9）在检修万用表表头时，应先用软铁将磁铁短路，以防灵敏度下降。

（10）万用表应保持清洁和干燥，防止震动、防止较大的冲击，以免影响准确性或损坏仪表。

30-22　MF47 型万用表电路

MF47 型万用表的应用较广泛，其直流电压灵敏度为 20kΩ/V，欧姆挡设有 5 挡，直流电压挡设有 8 挡，交流电压挡设有 5 挡，直流电流挡（mA）设有 5 挡，该万用表还设有直流 5A 和交、直流 2500V 插孔，以及三极管放大倍数测量插座。该表表盘较大，表内电池为 1.5V 和 15V 两组。该表还有一个优点，表头除采用硅二极管限幅保护外，为了保证初学者不慎换错挡位时过大的电流不致损坏表头，电路内串联一个 0.5A 熔断器，当熔断器烧坏时，可打开表壳重换同规格的新件，其电路原理图如图 30-22 所示。

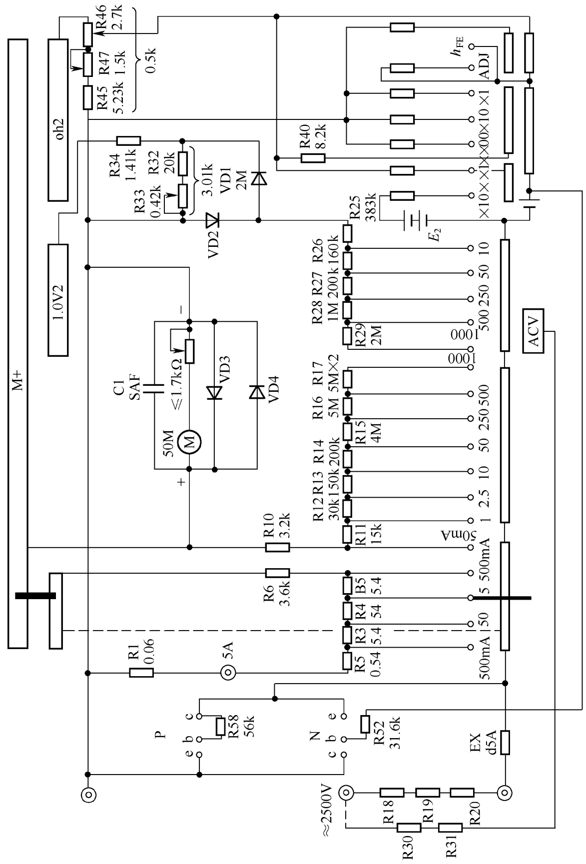


图 30-22　MF47 型万用表电路电路原理图

30-23　电工常用兆欧表电路

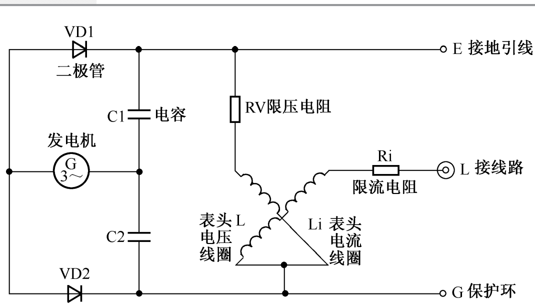


图 30-23　电工常用兆欧表电路

兆欧表俗称摇表、绝缘电阻表或麦格表，图 30-23 所示是兆欧表电路，它主要用来测量电气设备的绝缘电阻，如电动机、电气电路的绝缘电阻，判断设备或电路有无漏电、绝缘损坏或短路。

兆欧表的主要组成部分是一个磁电式流比计和一个作为测量电源的手摇高压直流发电机。与兆欧表表针相连的有两个线圈，一个同表内的附加电阻 R1 串联，另一个和被测的电阻 R 串联，然后一起接到手摇发电机上。

使用兆欧表时须注意以下几点。

（1）正确选择其电压和测量范围。兆欧表的电压等

级应根据被测电气设备的额定电压而定：一般测量50V 以下的用电器绝缘可选用250V 兆欧表；50 ～ 380V 的用电设备检查绝缘情况时可选用 500V 兆欧表；对于 500V 以下的电气设备，兆欧表应选用读数从零开始的，否则不易测量。因为在一般情况下，电气设备无故障时，绝缘电阻在 0.5MΩ 以上时，就能给电气设备通电试用，若选用读数从 1MΩ 开始的兆欧表，对小于 1MΩ 的绝缘电阻无法读数。

（2）选用兆欧表外接导线时，应选用单根的多股铜导线，不能用双股绝缘线，绝缘强度要在500V 以上，否则会影响测量的精确度。

（3）测量电气设备绝缘电阻时，测量前必须先断开设备的电源，并验明无电。如果是电容器或较长的电缆电路，应放电后再测量。

（4）兆欧表在使用时必须远离强磁场，并且平放。摇动兆欧表时，切勿使表受震动。

（5）在测量前，兆欧表应先做一次开路试验，然后做一次短路试验。表针在开路试验中应指到“∞”（无穷大）处；短路试验中表针应摆到“0”处，表明兆欧表工作状态正常，可测电气设备。

（6）测量时，应清洁被测电气设备各表面，以免引起接触电阻大、测量结果不准的情况。

（7）在测电容器的绝缘电阻时需注意，电容器的耐压必须大于兆欧表发出的电压值。测完电容后，应先取下兆欧表线再停止摇动摇把，以防止已充电的电容向兆欧表放电损坏仪表。测完的电容要用电阻进行放电。

（8）兆欧表在测量时，还需注意兆欧表上“L”端子通入电气设备的带电体一端，而标有“E”接地的端子应接电气设备的外壳或地线。测量电缆的绝缘电阻时，除把兆欧表“接地”端接入电气设备接地端以外，另一端接电路后，还需将电缆芯之间的内层绝缘物接“保护环”，以消除因表面漏电而引起的读数误差。

（9）若遇天气潮湿或降雨后空气湿度较大时，应使用“保护环”，以消除绝缘物表面电流，使被测物绝缘电阻比实际值偏低。

（10）使用兆欧表测试完毕后也应对电气设备进行一次放电。

（11）使用兆欧表时，要保持一定的转速，按兆欧表的规定一般为 120r/min，容许变动 ±20%，在 1min 后取一稳定读数。测量时不要用手触摸被测物及兆欧表接线柱，以防触电。

（12）摇动兆欧表手柄，应先慢再逐渐加快，待调速器发生滑动后，应保持转速稳定不变。如果被测电气设备短路，表针摆动到“0”时，应停止摇动手柄，以免兆欧表过流发热烧坏。

（13）兆欧表在不使用时应放于固定柜橱内，周围温度不宜太冷或太热，切忌放于污秽、潮湿的地面上，并避免置于含侵蚀作用的气体附近，以免兆欧表内部线圈、导流片等零件发生受潮、生锈、腐蚀等现象。

（14）应尽量避免剧烈的长期震动，造成表头轴尖变秃等，影响指示。

（15）禁止在雷电时或在邻近有带高压导体的设备时用兆欧表进行测量，只有在设备不带电又不可能受其他电源感应而带电时才能进行测量。

30-24　MG26/27 型多用钳形表电路

MG26/27 型袖珍钳形表为可携式磁电系多量限仪表，本表可在机械运行中不用停电的情况下测量工作频率为 50Hz、电压不超过 600V 的交流网路中的电流及电压。

仪表有一副可开口的导磁铁芯，用作电流互感器，即由两个钳口组成，将被测导线卡入钳口内作为电流互感器的一次侧，二次侧固定在导磁的一个钳上，二次侧电流通过锗整流管与磁电式测量机构相接。MG26/27 型多用钳形表电路如图 30-24 所示。

使用 MG26/27 型多用钳形表的方法及注意事项如下所述。

（1）零位调整：使用前，注意指针是否在零位上，如不在零位，可调整表盖上的机械零位调节器，使指针恢复至零位上。

（2）测量电流：将转换开关调至需要测量的一挡（如果量限未知，应将开关放于最高的量限），用手压开钳口，放置被测导线。为了减少误差，被测导线应在导磁铁芯窗口中央。导磁铁芯闭合后，即可在黑色标度尺上测得读数。

（3）测量电压：将转换开关调至电压量限上，再将两根细的测试笔的插头插入两个插孔内，然后将两测试笔跨接于电路上，即可在红色标度尺上测得读数。

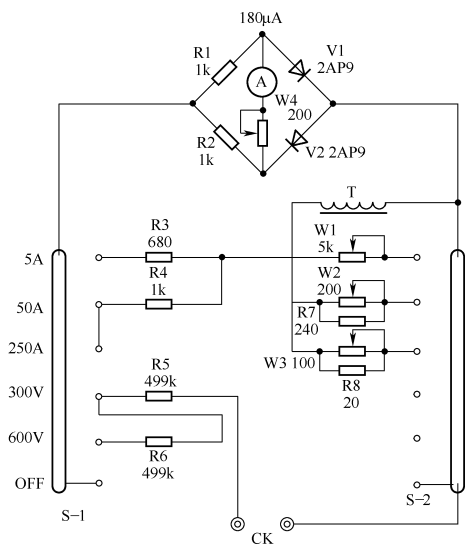


图 30-24　MG26/27 型多用钳形表电路

（4）测量电阻（MG27 型专用）：先装入电池，再将转换开关调至“Ω”处，然后将一副测试笔分别插入插孔，再将测试笔短路，调整“Ω”旋钮，使指针指到“0”Ω，然后将两测试笔分别接于欲测电阻两端，在“Ω”标度尺可测得读数。如无法调至“0”Ω，则应更换新电池。

（5）仪表不能同时测量电流、电压，否则有损仪表。

（6）仪表不能受到敲击及剧烈震动。

（7）仪表保存在周围气温 0 ～ 40℃及相对湿度不大于 85% 的室内，当仪表在使用及保存时，其周围空气不应含有腐蚀、有害杂质。

（8）应经常保持仪表清洁，钳口接触面必须干净，以免产生附加误差。

（9）仪表必须定期检查其准确度及绝缘性能（每六个月不少于一次）。

30-25　电工常用 MG31-2 型钳形电流表电路

测量电动机电流时，常用的一种仪表称为钳形电流表。因为万用表测量电路中的电流时，需断开电路，将万用表串联在电路中，一般只能测量较小的电流，而钳形电流表则可在不断开电源的情况下直接测量电路中的大电流。

MG31-2 型交流钳形电流表是一种互感整流式仪表。被测量的负载导线为一次线圈，在钳形电流表铁芯上固定的线圈为二次线圈，二次电流经过分流、整流，由指示仪表 M 显示。M 的刻度盘按一次电流的数值显示。电流互感器的电流比为 $I_1/I_2 = W_2/W_1$，其接线电路如图 30-25 所示。

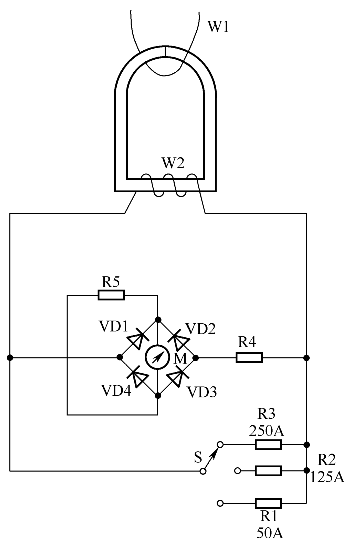


图 30-25　电工常用 MG31-2 型交流钳形电流表电路

使用钳形电流表应注意以下几点。

（1）在使用钳形电流表时，要正确选择钳形电流表的挡位。测量前，根据负载的大小粗估一下电流数值，然后从大挡往小挡切换，换挡时要使被测导线置于钳形电流表卡口之外。

（2）检查表针在不测量电流时是否指向零位，若未指零，应用小螺丝刀调整表头上的调零螺栓，使表针指向零位，以提高读数的准确度。

（3）测量电动机电流时，扳开钳口活动衔铁，将电动机的一根电源线放在钳口中央位置，然后松开手使钳口密合好。如果钳口接触不好，应检查弹簧是否损坏或脏污，如有污垢，用干布清除后再测量。

（4）在使用钳形电流表时，要尽量远离高强磁场（如通电的自耦调压器、磁铁等），以减少磁场对钳形电流表的影响。

（5）测量较小的电流时，如果钳形电流表量程较大，可将被测导线在钳形电流表口内绕几圈，然后读数。电路中实际的电流值应为仪表读数除以导线在钳形电流表上绕的匝数。

30-26 三相四线有功电能表与一只交流电流表和一只电流换相开关经三只电流互感器的联合接线电路

三相三线有功电能表与三只交流表经两只电流互感器的联合接线电路如图30-26所示，它适用于测量三相四线制电路上的电流和用电量。

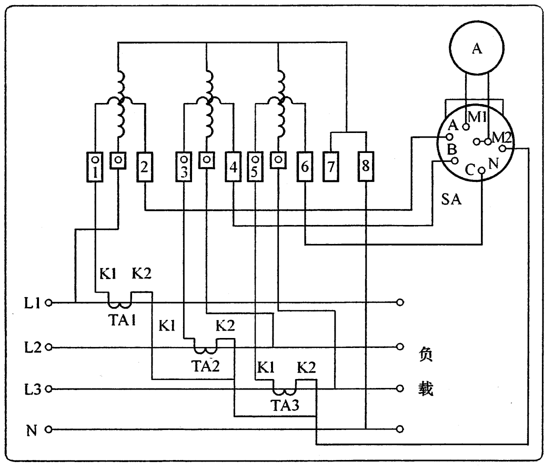


图30-26 三相四线有功电能表与一只交流电流表和一只电流换相开关经三只电流互感器的联合接线电路

30-27 三相四线有功电能表与功率表经两只电流互感器和两只电压互感器的联合接线电路

三相四线有功电能表与功率表经两只电流互感器和两只电压互感器的联合接线电路如图30-27所示，接线时电压相位应保持一致。

TA1、TA2二次侧的K2端应与功率表内电流线圈末端串联，并做可靠接地。

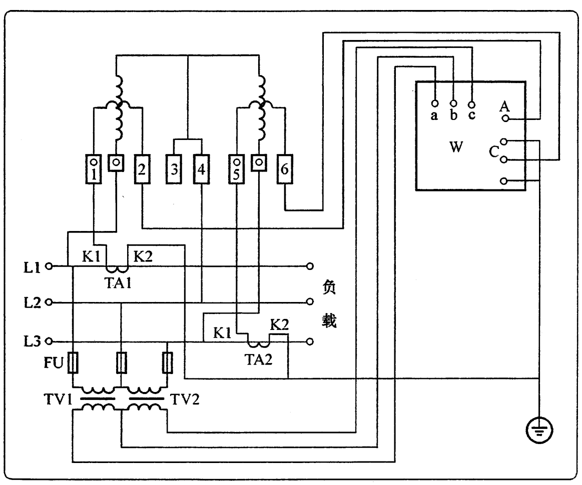


图30-27 三相四线有功电能表与功率表经两只电流互感器和两只电压互感器的联合接线电路

30-28 三相四线有功电能表与功率表经三只电流互感器和两只电压互感器的联合接线电路

三相四线有功电能表与功率表经三只电流互感器和两只电压互感器的联合接线电路如图30-28所示。它适

用于测量三相四线制电路的有功功率和用电量。

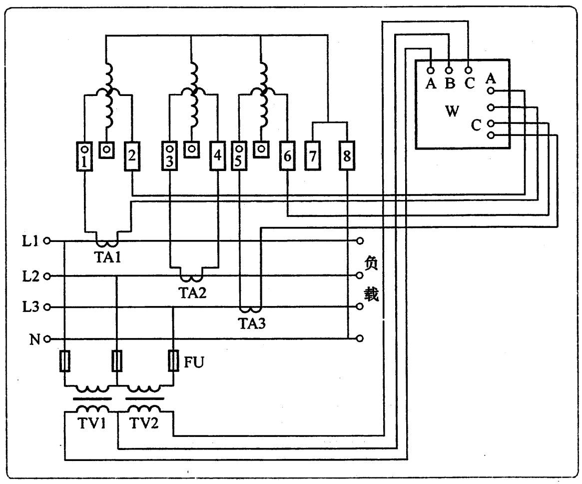


图 30-28　三相四线有功电能表与功率表经三只电流互感器和两只电压互感器的联合接线电路

30-29　三相四线有功电能表和功率表、交流电流表经三只电流互感器和两只电压互感器的联合接线电路

三相四线有功电能表和功率表、交流电流表经三只电流互感器和两只电压互感器的联合接线电路如图 30-29 所示。它适用于测量三相四线制电路上的电流、有功功率和用电量。

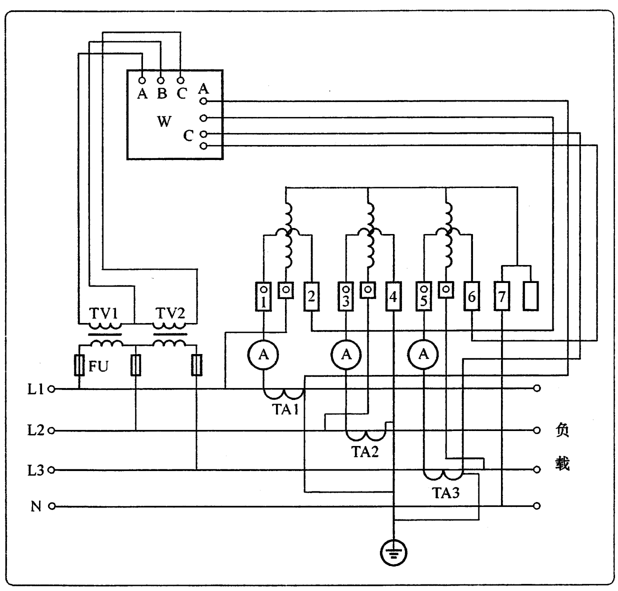
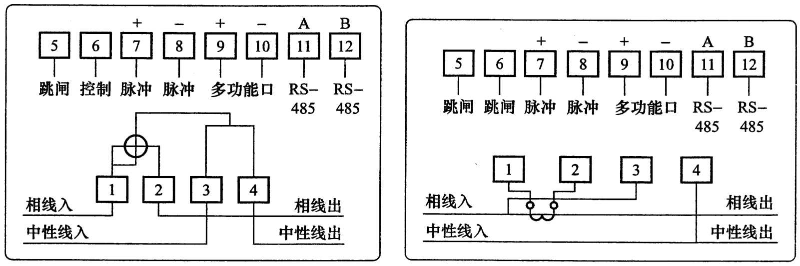


图 30-29　三相四线有功电能表和功率表、交流电流表经三只电流互感器和两只电压互感器的联合接线电路

30-30　单相智能电能表安装使用接线电路

单相智能电能表安装使用接线如图 30-30（a）、图 30-30（b）所示。



（a）直接接入式接线图　　（b）经互感器接入式接线图

图 30-30　单相智能电能表安装使用接线

30-31　三相智能电能表安装使用接线电路

三相智能电能表安装使用接线如图 30-31 所示、三相费控智能电能表安装使用接线如图 30-32 所示。

智能电能表安装使用注意事项如下。

（1）安装时应采用专用的仪表箱保护，安装底板应固定在坚固耐火且不易震动的墙面上。

（2）必须严格按照表尾盖内的接线图进行接线，接入端子座的引线建议采用铜线，端子座内固定引线的螺钉应拧紧，避免因接触不良发热而使电能表烧毁。

（3）接线后应将端盖铅封，建议将面盖铅封。

（4）RS－485 接入时，建议选用三芯屏蔽线，其三芯将终端与仪表 A、B、通信地相连，屏蔽层单端可靠接入保护地中。

（5）当外接负载超过辅助端子的输出能力时，应接中间继电器，以防止损坏电能表。

（6）严禁带电安装接线。

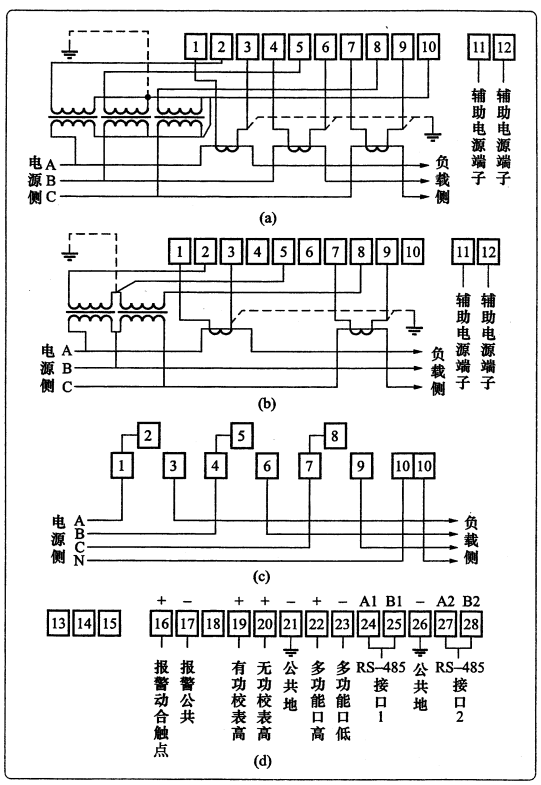


图 30-31　三相智能电能表安装使用接线

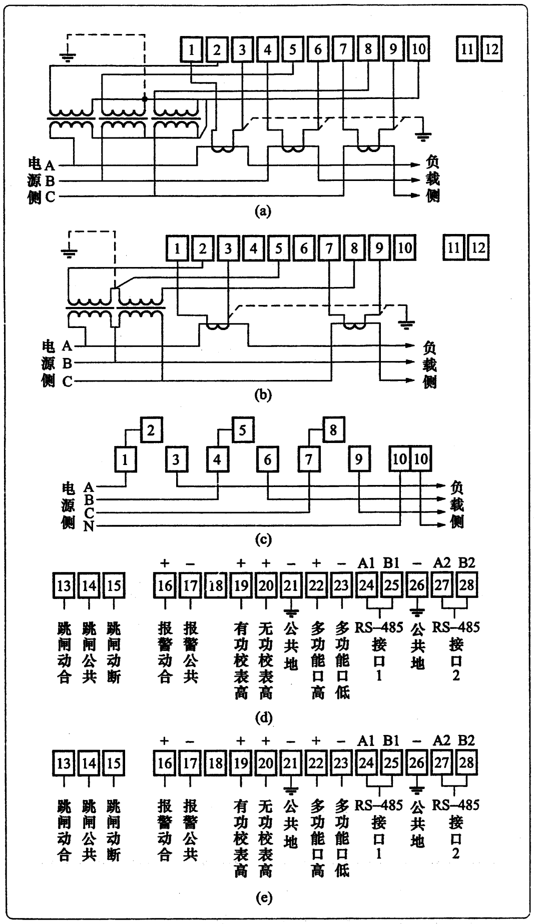


图 30-32　三相费控智能电能表安装使用接线

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，本社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：（010）88254396；（010）88258888
传　　真：（010）88254397
E－mail：dbqq@phei.com.cn
通信地址：北京市海淀区万寿路173信箱
电子工业出版社总编办公室
邮　　编：100036